

TUGAS AKHIR

EVALUASI NILAI FAKTOR REDUKSI KEKUATAN KOMPONEN STRUKTUR BERDASARKAN SNI 2019 DAN HASIL PENELITIAN LAPANGAN (*STRENGTH REDUCTION FACTOR VALUE OF STRUCTURE COMPONENT EVALUATION ACCORDING TO SNI 2019 AND FIELD RESEARCH RESULT*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Arya Dhani Sucipto
20511122**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2024

TUGAS AKHIR

EVALUASI NILAI FAKTOR REDUKSI KEKUATAN KOMPONEN STRUKTUR MENURUT SNI 2019 PADA HASIL PENELITIAN LAPANGAN (*STRENGTH REDUCTION FACTOR VALUE OF STRUCTURE COMPONENT EVALUATION ACCORDING TO SNI 2019 ON FIELD RESEARCH RESULT*)

Disusun oleh
Arya Dhani Sucipto
20511122

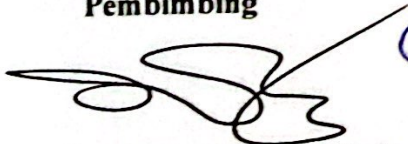
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal:

22 Juli 2024

Oleh Dewan Penguji:

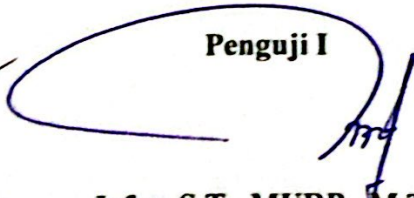
Pembimbing



Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D.

NIP: 785110201

Penguji I



Jafar, S.T., MURP., M.T.

NIP: 18511305

Penguji II



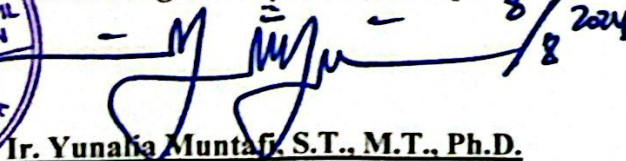
Elvis Saputra, S.T., M.T.

NIP: 205111302



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntaz, S.T., M.T., Ph.D.

NIP: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemui seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Arya Dhani Sucipto

20511122

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan segenap rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Komponen Struktur Menurut SNI 2019 Pada Hasil Penelitian Lapangan*. Tugas Akhir ini disusun dan diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk memenuhi persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak kendala yang ada, namun berkat kritik, saran, serta dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan lebih mudah. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua saya yang telah memberi dukungan dan semangat, serta bantuan secara materiil maupun non-materiil untuk menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Semua pihak dari proyek terkait yang telah memberikan izin kepada saya untuk mengambil data di proyek terkait untuk membantu menyusun Tugas Akhir ini.
4. Semua teman yang telah memberikan semangat dan saran untuk saya dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 22 Juli 2024

Arya Dhani Sucipto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	xv
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Definisi Operasional	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.1.1 Nawir Rasidi (2005)	7
2.1.2 Muhammad Fadli Pratama dan Widodo Pawirodikromo (2017)	8
2.1.3 Hariadi Yulianto, Novi Rahmayanti, dan Akhmad Reza Kriswiansyah	9
2.2 Keaslian Penelitian	15
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	16
3.1.1 Konsep Perhitungan Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	17

3.2	Format Kekuatan/Keamanan	23
3.3	Parameter Statistik Yang Digunakan	24
3.3.1	Rata-rata Hitung (<i>Mean</i>)	24
3.3.2	Deviasi Standar	25
3.3.3	Koefisien Variasi	25
3.3.4	Kombinasi Distribusi Statistik	26
3.3.5	Kuat Desak Beton (f'_c)	27
3.3.6	Baja Tulangan	27
3.4	Perhitungan Nilai Faktor Reduksi Kekuatan	28
3.4.1	Penyederhanaan Asumsi dan Perumusan Kekuatan	29
3.4.2	Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Balok	29
3.4.2.1	Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)	29
3.4.2.2	Kekuatan Penampang Momen Rerata ($\bar{R}$)	32
3.4.2.3	Koefisien Variasi (V_R)	33
3.4.2.4	Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Balok	37
3.4.3	Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Balok	37
3.4.3.1	Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rencana (R)	37
3.4.3.2	Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rerata ($\bar{R}$)	38
3.4.3.3	Koefisien Variasi (V_R)	38
3.4.3.4	Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Balok	40
3.4.4	Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Aksial Kolom	40
3.4.4.1	Kekuatan Penampang Struktur Untuk Gaya Aksial Rencana (R)	40
3.4.4.2	Kekuatan Penampang Struktur Gaya Aksial Rerata ($\bar{R}$)	41
3.4.4.3	Koefisien Variasi (V_R)	41
3.4.4.4	Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Aksial Kolom	43
3.4.5	Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Kolom	43

3.4.5.1 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rencana (R)	44
3.4.5.2 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rerata ($\bar{R}$)	44
3.4.5.3 Koefisien Variasi (V_R)	45
3.4.5.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Kolom	47
3.4.6 Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Pelat	47
3.4.6.1 Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)	47
3.4.6.2 Kekuatan Penampang Momen Rerata ($\bar{R}$)	47
3.4.6.3 Koefisien Variasi (V_R)	48
3.4.6.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Pelat	50
3.5 Analisis Nilai ϕ Berdasarkan Nilai Regangan Baja Tulangan Tarik	50
BAB IV METODE PENELITIAN	53
4.1 Lokasi Penelitian	53
4.2 Waktu Penelitian	53
4.3 Alat-Alat Yang Digunakan	53
4.4 Model Atau Objek Bangunan	54
4.5 Metode Penelitian	54
4.6 Data-Data	54
4.7 Metode Analisis	56
4.8 Bagan Alir Penelitian	56
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	58
5.1 Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Balok	58
5.1.1 Perhitungan Nilai Momen Rencana Balok ($R_{\text{lentur balok}}$) dan Nilai Momen Lapangan Balok ($\overline{R_{\text{lentur balok}}}$)	58
5.1.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Penampang Rata-rata dengan Kekuatan Penampang Rencana Momen Lentur Balok ($\gamma_{R_{\text{lentur balok}}}$)	70
5.1.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi untuk Momen Nominal (V_{Mn})	71

5.1.4 Menghitung Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur	
Momen Lentur Balok ($V_{R \text{ lentur balok}}$)	81
5.1.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur	
Balok	82
5.2 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Balok	83
5.2.1 Menghitung Nilai Kekuatan Geser Balok Rencana ($R_{\text{geser balok}}$)	
dan Kekuatan Geser Balok Lapangan ($\overline{R_{\text{geser balok}}}$)	83
5.2.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Geser Balok Lapangan	
dengan Kekuatan Geser Balok Rencana ($\gamma_{R \text{ geser balok}}$)	87
5.2.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal (V_{Vn})	87
5.2.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang	
Struktur Gaya Geser Balok ($V_{R \text{ geser balok}}$)	90
5.2.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser	
Balok	91
5.3 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Aksial Kolom	91
5.3.1 Menghitung Nilai Kekuatan Gaya Aksial Rencana ($R_{\text{aksial kolom}}$)	
dan Kekuatan Gaya Aksial Lapangan ($\overline{R_{\text{aksial kolom}}}$)	91
5.3.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Gaya Aksial Lapangan	
dengan Gaya Aksial Rencana ($\gamma_{R \text{ aksial kolom}}$)	95
5.3.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Aksial Nominal (V_{Pn})	95
5.3.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang	
Struktur Gaya Aksial Kolom ($V_{R \text{ aksial kolom}}$)	98
5.3.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Aksial	
Kolom	99
5.4 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Kolom	99
5.4.1 Menghitung Nilai Kekuatan Geser Kolom Rencana ($R_{\text{geser kolom}}$)	
dan Kekuatan Geser Kolom Lapangan ($\overline{R_{\text{geser kolom}}}$)	99

5.4.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Geser Kolom Lapangan dengan Kekuatan Geser Kolom Rencana ($\gamma_{R \text{ geser kolom}}$)	107
5.4.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal (V_{Vn})	108
5.4.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Kolom ($V_{R \text{ geser kolom}}$)	113
5.4.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Kolom	114
5.5 Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Pelat	115
5.5.1 Menghitung Nilai Momen Nominal Pelat Rencana ($R_{\text{lentur pelat}}$) dan Nilai Momen Nominal Pelat Lapangan ($\overline{R_{\text{lentur pelat}}}$)	115
5.5.2 Menghitung Nilai Perbandingan Momen Nominal Pelat Lapangan dengan Momen Nominal Pelat Rencana ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$)	123
5.5.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Momen Nominal (V_{Mn})	124
5.5.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur Momen Lentur Pelat ($V_{R \text{ lentur pelat}}$)	129
5.5.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Pelat	130
5.6 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ	131
5.6.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok	131
5.6.2 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok	137
5.6.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom	141
5.6.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom	144
5.6.5 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat	149
5.7 Perhitungan Nilai ϕ Berdasarkan Nilai Regangan Baja Tulangan Tarik	152
5.7.1 Analisis Nilai ϕ Momen Lentur Balok	152
5.7.2 Analisis Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom	153
5.7.3 Analisis Nilai ϕ Momen Lentur Pelat	156

5.8 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ	157
5.8.1 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Momen Lentur Balok	157
5.8.2 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Gaya Geser Balok	160
5.8.3 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom	163
5.8.4 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Gaya Geser Kolom	167
5.8.5 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Momen Lentur Pelat	169
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	173
6.1 Kesimpulan	173
6.2 Saran	174
DAFTAR PUSTAKA	176
LAMPIRAN	178

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan	12
Tabel 3.1 Perbandingan Standar Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	17
Tabel 3.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Umur	27
Tabel 3.3 Asumsi Nilai P Menurut Mac Gregor	29
Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok	131
Tabel 5.2 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok	138
Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom	142
Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom	145
Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat	149
Tabel 5.6 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Balok	158
Tabel 5.7 Rekapitulasi Nilai ϕ Gaya Geser Balok	161
Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom	164
Tabel 5.9 Rekapitulasi Nilai ϕ Gaya Geser Kolom	167
Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Proyek A	170
Tabel 5.11 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Proyek B dan Proyek C	170
Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Proyek C	170

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Distribusi Frekuensi Beban (Q) dan Kekuatan (R)	18
Gambar 3.2 Distribusi Frekuensi Dari Y	18
Gambar 3.3 Distribusi Tegangan dan Regangan Balok	29
Gambar 3.4 Distribusi Tegangan dan Regangan Tarik Netto Pada Komponen Prategang	51
Gambar 3.5 Grafik Nilai ϕ Berdasarkan Nilai Regangan Baja Tarik	51
Gambar 4.1 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Lentur Pada Balok	55
Gambar 4.2 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Geser Pada Balok	55
Gambar 4.3 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Aksial dan ϕ Geser Pada Kolom	55
Gambar 4.4 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Lentur Pada Pelat	56
Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian	57
Gambar 5.1 Detail Balok B1 Proyek A	58
Gambar 5.2 Diagram Tegangan dan Regangan Balok	60
Gambar 5.3 Detail Balok B1 Proyek A	83
Gambar 5.4 Detail Kolom K1 Proyek A	92
Gambar 5.5 Detail Kolom K2 Proyek A	100
Gambar 5.6 Detail Pelat A1 Proyek C	116
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	136
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)	136
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	140
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)	141

Gambar 5.11 Grafik Hubungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	143
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)	144
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	148
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)	148
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	151
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)	151
Gambar 5.17 Grafik Nilai ϕ Momen Lentur Balok	159
Gambar 5.18 Grafik Nilai V_R Momen Lentur Balok	159
Gambar 5.19 Grafik Nilai γ_R Momen Lentur Balok	159
Gambar 5.20 Grafik Nilai ϕ Gaya Geser Balok	162
Gambar 5.21 Grafik Nilai V_R Gaya Geser Balok	162
Gambar 5.22 Grafik Nilai γ_R Gaya Geser Balok	162
Gambar 5.23 Grafik Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom	165
Gambar 5.24 Grafik Nilai V_R Gaya Aksial Kolom	165
Gambar 5.25 Grafik Nilai γ_R Gaya Aksial Kolom	165
Gambar 5.26 Grafik Nilai ϕ Gaya Geser Kolom	168
Gambar 5.27 Grafik Nilai V_R Gaya Geser Kolom	168
Gambar 5.28 Grafik Nilai γ_R Gaya Geser Kolom	168
Gambar 5.29 Grafik Nilai ϕ Momen Lentur Pelat	171
Gambar 5.30 Grafik Nilai V_R Momen Lentur Pelat	171
Gambar 5.31 Grafik Nilai γ_R Momen Lentur Pelat	171

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Time Schedule</i> Tugas Akhir	180
Lampiran 2 Data Lapangan Proyek A	181
Lampiran 3 Data Lapangan Proyek B	223
Lampiran 4 Data Lapangan Proyek C	243
Lampiran 5 Data Lapangan Proyek D	276

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	= Tinggi tegangan desak beton
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
A_g	= Luas kotor penampang
A_n	= Luas bersih penampang
A_s	= Luas tulangan
A_s'	= Luas tulangan desak
A_{st}	= Luas tulangan tarik
b	= Lebar penampang
C_c	= <i>Compression concrete</i> (gaya desak yang ditahan oleh beton)
C_s	= <i>Compression steel</i> (gaya desak yang ditahan oleh baja tulangan)
c	= Jarak garis netral
d	= Jarak titik berat baja tulangan tarik dari tepi tarik penampang
d'	= Jarak titik berat baja tulangan desak dari tepi desak penampang
d_p	= Diameter penampang baja tulangan
d_p	= Diameter tulangan pokok
d_s	= Diameter tulangan sengkang
E_s	= Elastisitas baja tulangan
f'_c	= Kuat tekan beton
f'_{cr}	= Kuat tekan beton rata-rata
f_s	= Kuat tarik baja tulangan sebelum leleh
f_y	= Kuat leleh baja tulangan
g	= Berat bata baja tulangan per m' dalam kg
h_{eff}	= Tinggi efektif penampang
h_t	= Tinggi total penampang
k	= Faktor pengali deviasi standar
M_n	= Momen nominal rencana
M_1	= Momen yang dapat ditahan oleh tulangan sebelah balok
M_2	= Momen yang dapat ditahan oleh tulangan kembar balok

n_t	= Jumlah tulangan tarik
n_v	= Jumlah tulangan geser
n'	= Jumlah tulangan desak
P	= Nilai penyederhanaan asumsi dan perumusan kekuatan
P_f	= Probabilitas kegagalan
P_c	= Gaya aksial yang dapat ditahan oleh beton
P_n	= Gaya aksial nominal
P_s	= Gaya aksial yang dapat ditahan oleh baja tulangan
Q	= Beban nominal
R	= Kekuatan nominal
$R_{lentur\ balok}$	= Kekuatan penampang lentur balok rencana
$R_{geser\ balok}$	= Kekuatan penampang geser balok rencana
$R_{aksial\ kolom}$	= Kekuatan penampang aksial kolom rencana
$R_{geser\ kolom}$	= Kekuatan penampang geser kolom rencana
$R_{lentur\ pelat}$	= Kekuatan penampang lentur pelat rencana
SNI	= Standar Nasional Indonesia
S	= Jarak tulangan sengkang
T_s	= <i>Tension steel</i> (gaya tarik yang ditahan oleh baja tulangan)
V_c	= Gaya geser yang dapat ditahan oleh beton\
V_n	= Gaya geser nominal rencana
V_p	= Koefisien variasi nilai penyederhanaan asumsi dan perumusan kekuatan
V_Q	= Koefisien variasi beban
V_R	= Koefisien variasi kekuatan penampang
$V_{R\ lentur\ balok}$	= Koefisien variasi kekuatan penampang lentur balok
$V_{R\ geser\ balok}$	= Koefisien variasi kekuatan penampang lentur balok
$V_{R\ aksial\ kolom}$	= Koefisien variasi kekuatan penampang lentur balok
$V_{R\ geser\ kolom}$	= Koefisien variasi kekuatan penampang lentur balok
$V_{R\ lentur\ pelat}$	= Koefisien variasi kekuatan penampang lentur balok
V_s	= Gaya geser yang dapat ditahan oleh baja tulangan
V_X	= Koefisien variasi dari x

$\bar{x}$	= Nilai rata-rata dari x
$\bar{a}$	= Tinggi tegangan desak beton rata-rata
$\overline{Ag}$	= Luas kotor penampang rata-rata
$\overline{An}$	= Luas bersih penampang rata-rata
$\overline{As}$	= Luas tulangan rata-rata
$\overline{As'}$	= Luas tulangan desak rata-rata
$\overline{Ast}$	= Luas tulangan tarik rata-rata
$\bar{b}$	= Lebar penampang rata-rata
$\bar{c}$	= Jarak garis netral rata-rata
$\bar{h}$	= Tinggi penampang rata-rata
$\overline{h.eff}$	= Tinggi efektif penampang rata-rata
$\bar{d}$	= Jarak titik berat baja tulangan tarik dari tepi tarik penampang rata-rata
$\bar{d'}$	= Jarak titik berat baja tulangan desak dari tepi desak penampang rata-rata
$\overline{dp}$	= Diameter tulangan pokok rata-rata
$\overline{ds}$	= Diameter tulangan sengkang rata-rata
$\overline{fs}$	= Kuat tarik baja tulangan sebelum leleh rata-rata
$\overline{fy}$	= Kuat leleh baja tulangan rata-rata
$\overline{Mn}$	= Momen nominal lapangan
$\overline{Pc}$	= Gaya aksial yang dapat ditahan oleh beton lapangan
$\overline{Pn}$	= Gaya aksial nominal lapangan
$\overline{Ps}$	= Gaya aksial yang dapat ditahan oleh baja tulangan lapangan
$\overline{R_{lentur\ balok}}$	= Kekuatan penampang lentur balok lapangan
$\overline{R_{geser\ balok}}$	= Kekuatan penampang geser balok lapangan
$\overline{R_{aksial\ kolom}}$	= Kekuatan penampang aksial kolom lapangan
$\overline{R_{geser\ kolom}}$	= Kekuatan penampang geser kolom lapangan
$\overline{R_{lentur\ pelat}}$	= Kekuatan penampang lentur pelat lapangan
$\bar{S}$	= Jarak tulangan sengkang rata-rata
$\overline{Vc}$	= Gaya geser yang dapat ditahan oleh beton lapangan

$\overline{Vn}$	= Gaya geser nominal lapangan
$\overline{Vs}$	= Gaya geser yang dapat ditahan oleh baja tulangan lapangan
α	= Fungsi separasi
β	= Indeks keandalan bagian struktur
β_1	= Faktor reduksi kuat tekan beton
ϵ_y	= Regangan leleh baja tulangan
ϵ_c	= Regangan leleh beton
ϵ_s'	= Regangan leleh baja tulangan desak
ϵ_t	= Regangan leleh baja tulangan tarik
γR	= Perbandingan kekuatan rata-rata dengan kekuatan rencana
$\gamma R_{\text{lentur balok}}$	= Perbandingan kekuatan lentur balok lapangan dengan rencana
$\gamma R_{\text{geser balok}}$	= Perbandingan kekuatan geser balok lapangan dengan rencana
$\gamma R_{\text{aksial kolom}}$	= Perbandingan kekuatan aksial kolom lapangan dengan rencana
$\gamma R_{\text{geser kolom}}$	= Perbandingan kekuatan geser kolom lapangan dengan rencana
$\gamma R_{\text{lentur pelat}}$	= Perbandingan kekuatan lentur pelat lapangan dengan rencana
γQ	= Perbandingan beban rata-rata dengan kekuatan rencana
λ	= Faktor beban
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
σ	= Standar deviasi
σ_x	= Standar deviasi dari x

ABSTRAK

Terdapat ketentuan-ketentuan tertentu dalam perencanaan komponen struktur beton bertulang untuk sebuah bangunan yang terdapat pada SNI. Ketentuan tersebut dibuat bertujuan untuk mendapatkan faktor keamanan struktur yang salah satunya memperkirakan kemungkinan kekuatan tidak mencukupi (*under-strength*) dari sebuah penampang struktur beton bertulang. Namun, pada pelaksanaan di lapangan masih ditemukan perbedaan dimensi dan kekuatan material yang dipakai di lapangan dengan yang sudah diperhitungkan pada gambar perencanaan. Faktor reduksi kekuatan adalah koefisien yang menggabungkan angka kekuatan riil yang terjadi di lapangan dengan kekuatan nominal atau teoritik komponen struktur.

Sebagai upaya untuk menganalisis faktor reduksi yang ada di lapangan maka perlu dilakukan studi untuk menentukan keamanan struktur dengan metode penelitian secara langsung di lapangan. Dengan metode penelitian langsung di lapangan akan diperoleh data-data lapangan yang ada pada proyek. Objek pada penelitian ini adalah proyek yang sedang berjalan dalam kurun waktu dilakukannya penelitian dengan data jarak tulangan, dimensi penampang struktur, dan kekuatan material pada komponen struktur balok, kolom, dan pelat. Analisis perhitungan data yang diperoleh dari lapangan menggunakan metode probabilitas *advanced first order, second-moment procedure* untuk menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok, gaya geser balok, gaya aksial kolom, gaya geser kolom, dan momen lentur pelat. Data lapangan diambil pada empat proyek yang sedang berjalan di daerah D.I. Yogyakarta dan Jawa Tengah.

Hasil penelitian faktor reduksi kekuatan yang ada pada empat proyek diperoleh bahwa nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok, gaya aksial kolom, dan momen lentur pelat sudah bagus karena keempat proyek sudah memenuhi *code* terbaru yaitu SNI 2847:2019. Untuk nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya geser balok dan gaya geser kolom hanya sebagian proyek yang sudah memenuhi *code* terbaru, sedangkan sebagian proyek lainnya masih belum memenuhi standar *code* terbaru.

Kata kunci: Struktur beton bertulang, SNI, Faktor reduksi kekuatan, Penelitian langsung di lapangan

ABSTRACT

There are certain standards in reinforced concrete structure component design for a building in SNI, those standards are made to achieve structure safety factor which one of them is to intend the estimation of under-strength condition from a reinforced concrete section. Yet still found difference between what has been done on the field with the design on its dimensions and materials quality. Strength reduction factor is a coefficient that combine the real occurred strength on the field with the theoritical strength from a structure component.

As an attempt to analyze the reduction factor on the field, it is required study to define the structure safety with direct field research method. Thus, the field data from projects is collected by using direct field research method. This research's object is an in-progress project during the research time period with reinforcement spacing data, structure section dimension data, and material quality data on structure components such as beam, column, and plate. The data are earned from the field will be analyzed with advanced first order, second-moment procedure probability method to generate the strength reduction factor on beam flexural moment, beam shear force, column axial force, column shear force, and plate flexural moment. The field data are collected from four in-progress projects at D.I. Yogyakarta and Central Java area.

Strength reduction factor research result from four projects earned that the strength reduction factor on beam flexural moment, column axial force, and plate flexural moment has achieved the standard because each four projects has already passed the new code which is SNI 2847:2019. Therefore, the strength reduction factor on beam shear force and column shear force shows that only some projects has already passed the new code, while the others still has not passed the new code.

Keywords: Reinforced concrete structure, SNI, Strength reduction factor, Field research

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terdapat ketentuan-ketentuan tertentu dalam perencanaan komponen struktur beton bertulang untuk sebuah bangunan yang terdapat pada SNI, ketentuan tersebut dibuat bertujuan untuk didapatkannya faktor keamanan stuktur yang salah satunya memperkirakan kemungkinan kekuatan tidak mencukupi (*under-strength*) dari sebuah penampang struktur beton bertulang. Pada perencanaan desain struktur beton bertulang akan terdapat gaya-gaya dalam yang dihasilkan sebagai reaksi untuk kekuatan dalam menahan beban yang ditimpanya seperti gaya ultimit, gaya nominal, dan gaya tersedia. Gaya-gaya tersebut masing-masing memiliki hubungan dengan faktor reduksi kekuatan yang diperhitungkan dalam perencanaan sebagai kontrol terhadap gaya dalam tersebut. Maka dari itu, dalam perencanaan struktur beton bertulang untuk sebuah bangunan haruslah mengikuti ketentuan-ketentuan yang terdapat pada SNI, supaya gaya-gaya dalam tersebut masih ada dalam satu kendali kontrol yang aman.

Namun, pada pelaksanaannya di lapangan masih ditemukan perbedaan dimensi dan kekuatan material yang dipakai di lapangan dengan yang sudah diperhitungkan pada gambar perencanaan. Risiko kegagalan struktur yang kemungkinan terjadi apabila terjadi perbedaan penggunaan dimensi dan kekuatan material tidak dapat dianggap remeh karena dengan menggunakan dimensi dan kekuatan material yang berbeda dengan yang sudah diperhitungkan maka respon strukturnya pun akan berbeda.

Faktor reduksi kekuatan adalah koefisien yang menggabungkan angka kekuatan riil yang terjadi di lapangan dengan kekuatan nominal atau teoritik komponen struktur (Pratama & Pawirodikromo, 2017). Berdasarkan SNI 2847:2019, fungsi faktor reduksi kekuatan yaitu untuk memperkirakan kemungkinan kekuatan penampang tidak mencukupi (*under-strength*) karena perbedaan dimensi dan kekuatan meterial, untuk memperkirakan ketidaktepatan

pada tahap perancangan, untuk merefleksikan ketersediaan daktilitas dan tingkat keandalan yang diperlukan komponen struktur relatif terhadap beban, dan untuk menyatakan seberapa penting komponen struktur terhadap keseluruhan struktur.

Sebagai upaya untuk menganalisis faktor reduksi yang ada di lapangan maka perlu dilakukan studi untuk menentukan keamanan struktur dengan metode penelitian secara langsung di lapangan. Dengan metode penelitian langsung di lapangan akan diperoleh data-data lapangan yang ada pada proyek. Objek penelitian pada penelitian ini adalah proyek yang sedang berjalan pada saat dilakukan penelitian dengan data jarak tulangan, dimensi penampang struktur, dan kekuatan material pada beberapa komponen yaitu balok, kolom, dan pelat.

Selama ini faktor reduksi (ϕ) yang digunakan menggunakan faktor reduksi yang ditetapkan berdasarkan kondisi USA. Sedangkan kondisi Indonesia berbeda dengan kondisi USA terutama mutu baja hasil pabrikasi. Karena itu diperlukan adanya faktor reduksi yang sesuai dengan kondisi Indonesia (Rasidi, 2005).

Rasidi (2005) dalam penelitiannya Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Faktor Reduksi (ϕ) Profil Baja Tabung Kotak di Indonesia menggunakan metode *Second – Moment Formulation* sebagai perhitungan untuk menentukan faktor reduksi kekuatan, kemudian dalam menentukan indeks keandalan (β) menggunakan metode Distribusi Normal Equivalen untuk mentransformasi variabel non-normal ke variabel normal, karena dalam beberapa kasus nilai β yang dihasilkan berasal dari distribusi variabel normal, sedangkan pada situasi nyata banyak variabel dasar yang bersifat non-normal. Keterbatasan dalam penelitian ini adalah terdapat perbedaan hasil nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada hasil pengujian dengan yang ditetapkan LRFD-AISC dikarenakan beberapa hal seperti rasio harga rata-rata nominal dengan harga rata-rata, koefisien variasi (Ω) dari variabel, dan distribusi dari variabel yang digunakan dalam perhitungan.

Yulianto, Rahmayanti & Kriswiansyah (2021) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Semen Holcim Powermax Pada Balok Beton Bertulang 20 dan 25 MPa Terhadap Kuat Lentur dan Faktor Reduksinya menunjukkan pengaruh penggunaan produk semen yang berbeda pada faktor reduksi kekuatan pada benda uji balok bertulangan tunggal. Penggunaan benda uji tersebut supaya menggambarkan

karakteristik lentur balok beton bertulang yang murni hanya dipengaruhi oleh variasi mutu beton tanpa dipengaruhi oleh tulangan tekan. Pengujian menggunakan tiga varian benda uji dengan varian pertama menggunakan mutu beton rencana 20 MPa dengan semen Holcim Serbaguna pada 2 benda uji balok, varian kedua menggunakan mutu beton rencana 20 MPa dengan semen Holcim Power Max pada 3 benda uji balok, kemudian varian ketiga menggunakan mutu beton rencana 25 MPa dengan semen Holcim Power Max pada 3 benda uji balok. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa hanya 2 benda uji balok yang memiliki nilai ϕ lebih tinggi dari nilai ϕ teoritis berdasarkan SNI 2847:2019 dan dari kedua benda uji balok tersebutlah yang menggunakan semen Holcim Power Max dengan mutu beton rencana 25 MPa. Keterbatasan dari penelitian ini adalah deviasi yang cukup lebar pada penggunaan nilai kuat tekan beton rencana sehingga ketidakpastian kuat lentur dari struktur yang menggunakan beton juga lebih tinggi sehingga nilai faktor reduksinya lebih rendah dibandingkan dengan SNI.

Pratama & Pawirodikromo (2017) dalam penelitian yang berjudul Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Menurut Code 2013 Kaitannya Dengan Hasil Penelitian Lapangan melakukan perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) terhadap momen lentur dan gaya geser pada balok, dan gaya aksial pada kolom berdasarkan data yang didapatkan dari proyek di lapangan. Pada analisisnya digunakan metode *advanced first order, second moment procedure* yang telah dianggap sebagai sarana yang *reliable* untuk penyusunan keamanan struktur oleh ACI. Hasil penelitian yang diperoleh terhadap empat proyek adalah nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok dan gaya aksial kolom dapat dikatakan cukup bagus karena hampir seluruh nilai faktor reduksi kekuatan berada di atas standar, walau ada beberapa yang berada di bawah standar. Namun untuk nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya geser balok dan momen lentur pelat dapat dikatakan kurang karena masih banyak nilai faktor reduksi kekuatan yang berada di bawah standar. Keterbatasan dari penelitian ini adalah penggunaan acuan nilai faktor reduksi kekuatan pada SNI 2847:2013, dimana sekarang ini acuan nilai faktor reduksi kekuatan yang berbeda sudah diperbaharui pada SNI 2847:2019 yang sebelumnya bernilai 0,9 menjadi 0,65-0,90.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dipaparkan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa untuk menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) dapat digunakan metode reliabilitas momen kedua orde pertama (*advanced first order, second moment procedure*) yang diusulkan oleh Mac Gregor (1976, 2000). Penelitian ini akan berfokus menghitung nilai ϕ dari kondisi lapangan di Indonesia kemudian membandingkan hasil perhitungan nilai ϕ yang didapat dengan SNI 2847:2019.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa besarnya nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang didapat dari penelitian di lapangan berdasarkan proyek tertentu?
2. Bagaimana perbandingan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari hasil penelitian di lapangan dengan nilai menurut SNI 2847:2019?
3. Bagaimana perbandingan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang digunakan di lapangan oleh pelaksana dari daerah yang berbeda?
4. Faktor apa yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan yang terjadi di lapangan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui besarnya nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang diterapkan di lapangan.
2. Membandingkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari hasil penelitian di lapangan dengan nilai menurut SNI 2847:2019 sebagai bahan evaluasi serta pertimbangan bagi para pelaksana.
3. Membandingkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang diterapkan di lapangan oleh pelaksana dari daerah yang berbeda.
4. Mengetahui faktor yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan yang sebenarnya terjadi di lapangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang didapat pada pembelajaran di kelas.
2. Mengetahui faktor yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan yang sebenarnya terjadi di lapangan.
3. Menjadi bahan pertimbangan dan evaluasi bagi perencana untuk dapat menentukan nilai faktor reduksi dalam tahap perencanaan struktur bangunan gedung berdasarkan kondisi di Indonesia.
4. Menjadi bahan pertimbangan dan evaluasi bagi pelaksana dan pengawas dalam melakukan tahap pelaksanaan dan pengawasan pembangunan struktur bangunan gedung lebih teliti dan sesuai dengan perencanaan dan peraturan yang berlaku.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan-batasan yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian supaya penelitian yang dilakukan lebih terarah dan terfokus sebagai berikut.

1. Pemilihan proyek yang diteliti dilakukan secara acak dengan syarat masih pada tahap pelaksanaan struktur dan berupa bangunan gedung dengan jumlah lantai ≥ 2 (lebih dari sama dengan dua).
2. Data penelitian didapat dari 4 proyek yang berada di Indonesia.
3. Klasifikasi kelas kontraktor diabaikan.
4. Perhitungan faktor reduksi kekuatan hanya meninjau pada momen lentur balok, gaya geser balok, gaya aksial kolom, gaya geser kolom, dan momen lentur pelat.
5. Kembang dan susut pada volume beton yang diakibatkan oleh suhu diabaikan.
6. Perhitungan titik berat tulangan dianggap sama untuk tulangan dua lapis.

1.6 Definisi Operasional

Evaluasi adalah suatu cara penaksiran atau penilaian yang bertujuan untuk membuat perbaikan agar pekerjaan sesuai dengan rencana.

Nilai faktor reduksi kekuatan adalah koefisien yang memperkirakan kemungkinan tidak tercukupinya kekuatan pada komponen struktur yang disebabkan oleh beberapa faktor yang ada di lapangan dimana angka kekuatan riil di lapangan berbeda dengan angka kekuatan rencana.

Komponen struktur adalah bagian-bagian dalam suatu bangunan gedung yang berfungsi untuk menahan dan atau menyalurkan beban yang bekerja ke tanah.

Penelitian lapangan adalah salah satu metode penelitian yang dilakukan dengan turun langsung ke lapangan dan bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan yang hanya ada di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dengan tujuan mencapai hasil penelitian yang lebih baik, maka perlu dilakukan tinjauan pustaka yang mengacu pada penelitian-penelitian mengenai faktor reduksi kekuatan sebagai berikut.

2.1.1 Nawir Rasidi (2005)

Dalam penelitiannya yang berjudul Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Faktor Reduksi (ϕ) Profil Baja Tabung Kotak di Indonesia dilakukan untuk menentukan faktor reduksi kekuatan (ϕ) dengan indeks keandalan (β) = 3 sesuai acuan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Perilaku tekan dan lentur benda uji berupa baja tabung kotak ukuran 2×4 cm dengan panjang untuk pengujian tekan 75 cm dan untuk pengujian lentur 65 cm dengan benda uji masing-masing sebanyak 7 buah. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini seperti *loading frame*, *hydraulic jack* dan *load cell*, *proving ring*, *dial gauge*, *strain gauge*, *strain meter* dan kabel-label penghubung.

Dengan tujuan penelitian yaitu menentukan besarnya nilai faktor reduksi kekuatan maka dilakukan penelitian untuk mengumpulkan data berupa data statistik tahanan yaitu tegangan baja dan geometri penampang. Pengumpulan data dilakukan pada saat pengujian berlangsung secara bertahap tergantung pada tahapan peningkatan pemberian beban. Pada saat pemberian beban dilakukan pencatatan besarnya regangan yang terjadi dibaca pada alat strain meter, besarnya beban yang diberikan dibaca pada alat proving ring serta besarnya lendutan yang terjadi dibaca dari alat dial gauge yang dilakukan secara bersama-sama oleh operator. Sebelumnya data geometrik dan berat sendiri dari masing-masing benda uji baja tabung kotak dicatat dan dikumpulkan.

Hasil nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) untuk batang tekan dengan indeks keandalan $\beta = 3$ diperoleh nilai faktor reduksi tekan, $\phi_c = 0,5195$. Untuk nilai faktor

reduksi kekuatan (ϕ) untuk batang lentur dengan $\beta = 3$ diperoleh nilai faktor reduksi lentur, $\phi_b = 0,8823$. Selain itu, dilakukan juga perhitungan untuk faktor reduksi kekuatan (ϕ) dengan tingkat keandalan yang berbeda yaitu 2,5; 2; dan 1,5 untuk masing-masing perilaku. Diperoleh dari perhitungan bahwa dengan semakin kecil indeks keandalan (β) maka nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) semakin besar. Terdapat perbedaan hasil nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada hasil pengujian dengan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang ditetapkan LRFD-AISC dikarenakan beberapa hal yaitu rasio harga rata-rata nominal dengan harga rata-rata, koefisien variasi (Ω) dari variabel, dan distribusi dari variabel yang digunakan dalam perhitungan. Keterbatasan dari penelitian ini adalah tidak adanya penelitian nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya gesernya sehingga akan berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1.2 Muhammad Fadli Pratama dan Widodo Pawirodikromo (2017)

Pada penelitian berjudul Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Menurut Code 2013 Kaitannya Dengan Hasil Penelitian Lapangan memiliki tujuan untuk mengetahui nilai faktor reduksi kekuatan terhadap momen lentur dan gaya geser pada balok, dan gaya aksial pada kolom. Kemudian nilai faktor reduksi kekuatan yang telah didapat dibandingkan dengan nilai menurut SNI 2847:2013. Data lapangan diambil dengan cara pengukuran pada proyek yang sedang berjalan dan juga data gambar perencanaan dari proyek yang berada di Yogyakarta yang selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan nilai ϕ .

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) menggunakan metode realibilitas momen kedua, orde pertama (*advanced first order, second moment procedure*). Metode yang dikemukakan oleh Mac Gregor (1976) ini memperhitungkan sifat *random* dari semua variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ). Metode ini disebut *Second-Moment Procedure* karena dalam menggambarkan distribusi masing-masing variabel selalu menggunakan dua parameter statistik yaitu nilai rata-rata (*mean*) dan koefisien variasi. Metode ini telah dianggap sebagai sarana yang *reliable* untuk penyusunan keamanan struktur oleh ACI *Fall Convention Canada*.

Penelitian dilakukan pada empat proyek yang sedang berjalan sebagai objek penelitian dengan hasil yaitu nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek A, C, dan D memenuhi standar, sedangkan Proyek B tidak memenuhi standar; nilai ϕ gaya geser balok pada keempat proyek tidak memenuhi standar; nilai ϕ gaya aksial kolom pada keempat proyek memenuhi standar; nilai ϕ momen lentur pelat pada Proyek A memenuhi standar, sedangkan pada Proyek B, C, dan D tidak memenuhi standar. Adapun keterbatasan dari penelitian ini yaitu *code* yang digunakan merupakan *code* lama yaitu SNI 2847:2013 yang dimana saat ini sudah ada *code* terbaru yaitu SNI 2847:2019.

2.1.3 Hariadi Yulianto, Novi Rahmayanti, dan Akhmad Reza Kriswiansyah (2021)

Dalam penelitian Pengaruh Semen Holcim Powermax Pada Balok Beton Bertulang 20 dan 25 MPa Terhadap Kuat Lentur dan Faktor Reduksinya dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi mutu beton terhadap kuat lentur dan faktor reduksi yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan di daerah Yogyakarta dan karena pada tahun 2019 terdapat produk semen PCC baru yaitu semen PCC Power Max yang menggunakan campuran yang dinamai “*strength agent*” yang membuat adukan beton dengan semen lebih pulen, lebih cepat keras, serta kuat tekan lebih tinggi (PT. Holcim, 2019), maka perbedaan sifat tersebut yang diteliti pengaruhnya terhadap struktur beton bertulang khususnya balok lentur.

Kemudian untuk penggunaan mutu kuat tekan beton (f'_c) sebesar 20 MPa dan 25 MPa sebagai variasi mutu beton guna memenuhi persyaratan Peraturan standar konstruksi beton di Indonesia SNI 2847-2013 pasal 21.1.4.2 yang menetapkan nilai mutu beton rencana pada rangka bangunan pemikul beban gempa (sistem rangka pemikul momen khusus) minimal sebesar $f'_c = 20$ MPa.

Penelitian diawali dengan job mix design mengacu pada SNI 2834-2000 dengan mutu beton rencana 20 dan 25 MPa, kemudian dilanjutkan dengan pengujian tekan silinder beton mengacu SNI 1974:2011 serta uji tarik tulangan baja mengacu SNI 07-2529-1991. Selanjutnya pengujian lentur balok beton bertulang tunggal ukuran 15×30×3000 mm sebanyak 8 buah. Digunakannya benda uji balok bertulangan tunggal supaya dapat menggambarkan karakteristik lentur balok beton

bertulang yang murni hanya dipengaruhi oleh variasi mutu betonnya tanpa dipengaruhi oleh tulangan tekan.

Digunakan beberapa sampel balok beton bertulang yang memiliki beberapa varian yaitu: varian pertama mutu beton rencana 20 MPa dengan semen Holcim Serbaguna (balok 1 dan balok 2), varian kedua mutu beton rencana 20 MPa dengan mengganti semen menggunakan Holcim Power Max (balok 3, balok 4, dan balok 5), varian ketiga mutu beton rencana 25 MPa menggunakan semen Holcim Power Max (balok 6, balok 7, dan balok 8). Pembebanan yang diterapkan adalah pengujian lentur balok 2 titik sehingga terjadi gaya lentur murni pada balok.

Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan silinder beton dan kuat tarik baja, kemudian dilakukan perhitungan kuat lentur teoritis (M_n teoritis) balok tulangan tunggal menggunakan prinsip regangan-tegangan. Kemudian dilakukan analisis faktor reduksi kekuatan (ϕ) dengan melakukan perhitungan statistika berupa nilai rata-rata kuat lentur hasil pengujian (R_m), rata-rata kuat lentur teoritis (R_n), standar deviasi kuat lentur pengujian (S) dan rasio standar deviasi dibanding kuat lentur rata-rata pengujian ($V_r = S/R_m$).

Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa hanya balok 7 dan 8 yang memiliki nilai ϕ lebih tinggi daripada nilai ϕ teoritis berdasarkan SNI 2847-2019. Adapun balok lainnya yang memiliki nilai ϕ yang lebih rendah dari nilai ϕ teoritis. Hal tersebut berarti nilai ϕ SNI 2847-2019 baru kompatibel dengan balok beton bertulang yang menggunakan semen Power Max dengan mutu rencana $f'_c = 25$ MPa. Adapun balok 1, 2, 3, 4, dan 5 menghasilkan nilai ϕ yang belum kompatibel dengan SNI 2847-2019. Hal tersebut disebabkan karena kuat tekan beton yang menggunakan semen jenis PCC memiliki nilai dengan deviasi yang cukup lebar (Yulianto, 2021) sehingga menghasilkan nilai ketidakpastian kuat lentur balok yang cukup lebar juga.

Dengan nilai kuat tekan beton yang berdeviasi cukup lebar, maka ketidakpastian kuat lentur dari struktur yang menggunakan beton juga lebih tinggi sehingga nilai faktor reduksinya lebih rendah dibandingkan dengan SNI. Keterbatasan dari penelitian ini adalah pada penggunaan benda ujinya, dimana benda uji yang digunakan adalah balok beton yang bertulangan tunggal yang

dimana hal tersebut berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan karena objek yang akan digunakan merupakan balok beton yang ada di lapangan yang berupa balok beton bertulangan rangkap.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Aspek	Penelitian Terdahulu			Penelitian Yang Akan Dilakukan
Peneliti	Nawir Rasidi (2005)	Muhammad Fadli Pratama & Widodo Pawirodikromo (2017)	Hariadi Yulianto, Novi Rahmayanti, dan Akhmad Reza Kriswiansyah (2021)	Arya Dhani Sucipto
Judul	Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Faktor Reduksi (ϕ) Profil Baja Tabung Kotak di Indonesia	Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Menurut Code 2013 Kaitannya Dengan Hasil Penelitian Lapangan	Pengaruh Semen Holcim Powermax Pada Balok Beton Bertulang 20 dan 25 MPa Terhadap Kuat Lentur dan Faktor Reduksinya	Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Komponen Struktur Menurut SNI 2847:2019 Pada Hasil Penelitian Lapangan
Tujuan	Menentukan besarnya faktor reduksi (ϕ) lentur dan tekan untuk kondisi Indonesia dengan tingkat keandalan $\beta = 3$ yang ditentukan sesuai LRFD-AISC	Mengetahui nilai faktor reduksi kekuatan terhadap momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial berdasarkan penelitian lapangan di Indonesia kemudian dilakukan perbandingan hasil nilai faktor reduksi yang didapat dengan nilai menurut SNI 2847:2013	Mengetahui pengaruh dari variasi mutu beton terhadap kuat lentur dan faktor reduksi yang dihasilkan	Mengetahui nilai faktor reduksi kekuatan terhadap momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial berdasarkan penelitian lapangan di Indonesia kemudian dilakukan perbandingan hasil nilai faktor reduksi yang didapat dengan nilai menurut SNI 2847:2019

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Aspek	Penelitian Terdahulu			Penelitian Yang Akan Dilakukan
Peneliti	Nawir Rasidi (2005)	Muhammad Fadli Pratama & Widodo Pawirodikromo (2017)	Hariadi Yulianto, Novi Rahmayanti, dan Akhmad Reza Kriswiansyah (2021)	Arya Dhani Sucipto
Metode Penelitian	Menggunakan nilai rata-rata (<i>mean</i>) R_m dan Q_m dan deviasi standar σ_R dan σ_Q dari tahanan maupun beban	Metode penelitian dilakukan pengukuran di lapangan dan pengujian bahan di laboratorium, sedangkan metode perhitungan dengan metode reliabilitas momen kedua orde pertama (<i>advance first orde, second moment procedure</i>)	Dilakukan <i>mix design</i> dan perangkaian tulangan dan bekisting balok, kemudian dilakukan uji tekan dan uji lentur, setelah pengujian dilakukan pengolahan data sehingga didapat nilai kekakuan lentur balok, <i>yield curvature</i> , dan <i>ultimate curvature</i> untuk diperoleh nilai <i>curvature ductility</i> dari balok beton bertulang	Metode penelitian dilakukan dengan pengukuran di lapangan, kemudian metode analisis perhitungan menggunakan metode reliabilitas momen kedua orde pertama (<i>advance first orde, second moment procedure</i>)
Objek Penelitian	Baja profil tabung kotak	Struktur beton bertulang yang sedang dikerjakan (balok, kolom, dan pelat)	Benda uji silinder beton dan benda uji balok bertulangan tunggal	Struktur beton bertulang yang sedang dikerjakan (balok, kolom, dan pelat)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Aspek	Penelitian Terdahulu			Penelitian Yang Akan Dilakukan
Peneliti	Nawir Rasidi (2005)	Muhammad Fadli Pratama & Widodo Pawirodikromo (2017)	Hariadi Yulianto, Novi Rahmayanti, dan Akhmad Reza Kriswiansyah (2021)	Arya Dhani Sucipto
Pedoman	LRFD (Load and Resistance Factor Design)-AISC (American Institute of Steel Construction)	SNI 2847:2013	SNI 2847:2013, SNI 2847:2019, SNI 2834:2000, SNI 1974:2011, SNI 07-2529-1991	SNI 2847:2019
Hasil Penelitian	Diperoleh nilai faktor reduksi kekuatan dengan $\beta = 3$ untuk batang tekan $\phi_c = 0,5195$, untuk batang lentur $\phi_c = 0,8823$. Diperoleh pula bahwa semakin kecil indeks keandalan (β) maka nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) semakin besar.	Nilai ϕ momen lentur balok yang memenuhi standar hanya terdapat pada tiga proyek, nilai ϕ gaya geser balok tidak ada yang memenuhi standar pada keempat proyek, nilai ϕ gaya aksial kolom yang memenuhi standar terdapat pada keempat proyek, kemudian nilai ϕ momen lentur pelat yang memenuhi standar hanya terdapat pada satu proyek.	Diperoleh bahwa hanya 2 benda uji balok yang memiliki nilai ϕ yang lebih tinggi daripada nilai ϕ teoritis berdasarkan SNI 2847:2019 dengan nilai mutu rencana 25 MPa dan menggunakan semen Power Max.	Nilai ϕ momen lentur balok, gaya aksial kolom, dan momen lentur pelat pada keempat proyek sudah memenuhi standar, sedangkan nilai ϕ gaya geser balok dan gaya geser kolom yang memenuhi standar hanya terdapat pada dua proyek.

2.2 Keaslian Penelitian

Pada penelitian sebelumnya penggunaan *code* sebagai acuan perbandingan nilai faktor reduksi kekuatan menggunakan SNI 2847:2013, sedangkan pada penelitian ini yang digunakan sebagai acuan perbandingan nilai faktor reduksi kekuatan adalah SNI 2847:2019 yang merupakan *code* terbaru yang digunakan dalam perencanaan komponen struktur. Penelitian masih dilakukan pada komponen struktur yang sama yaitu balok, kolom dan pelat. Pada penelitian sebelumnya faktor reduksi kekuatan pada kolom hanya dianalisis pada gaya aksialnya saja, sedangkan pada penelitian ini akan dianalisis pula pada gaya gesernya untuk kolom tingkat atas (selain pedestal).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

Pada perencanaan struktur bangunan gedung, terdapat komponen yang perlu diperhatikan dari segi kekuatannya. Adapun hal-hal yang dapat mempengaruhi kekuatan komponen tersebut seperti beban yang bekerja, fungsi bangunan, sifat material, maupun dimensi strukturnya. Penyimpangan-penyimpangan yang kemungkinan terjadi akan sangat berbeda dengan yang telah direncanakan, apabila penyimpangan-penyimpangan tersebut terakumulasi dan terjadi dalam satu waktu yang sama maka akan mengakibatkan penurunan atau pengurangan kekuatan dari yang telah direncanakan sebelumnya.

Pada SNI 2847:2019 (yang selanjutnya akan ditulis SNI 2019 saja) hal tersebut telah diantisipasi dengan diperlukannya menambahkan faktor reduksi kekuatan (ϕ) di dalam perhitungan perencanaan struktur bangunan gedung. Maka dari itu, dalam perencanaan struktur perlu dihitung dengan menentukan suatu komponen struktur dengan beban minimum direduksi dengan faktor reduksi kekuatan yang sesuai dengan sifat beban yang bekerja pada komponen struktur tersebut supaya diperoleh kapasitas kekuatan yang lebih besar.

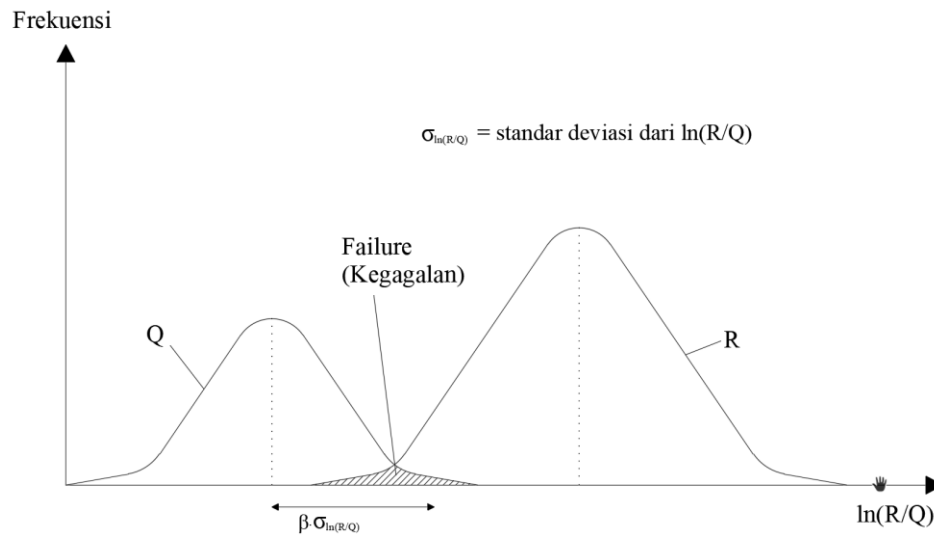
Besarnya nilai faktor reduksi kekuatan bergantung pada ketepatan pelaksanaan di lapangan. Nilai ϕ akan semakin mendekati angka 1 (satu) apabila dalam pelaksanaannya di lapangan sesuai dengan perencanaan pada komponen strukturnya. Tetapi apabila dalam pelaksanaan di lapangan terdapat perbedaan-perbedaan yang cukup besar maka akan menghasilkan nilai ϕ yang berkurang jauh dari angka 1 (satu). Nilai faktor reduksi kekuatan yang ada hingga saat ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Perbandingan Standar Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

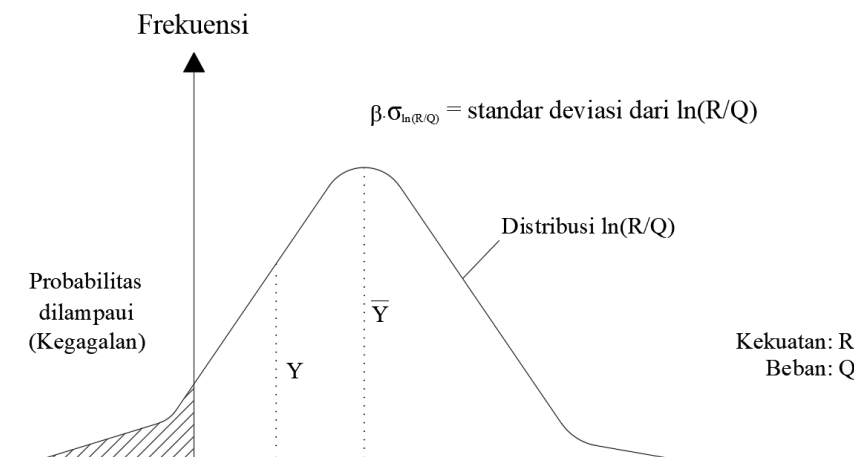
No.	Jenis Gaya	Nilai ϕ						
		SK SNI 1991	SNI 2002	SNI 2013	SNI 2019	ACI 318- 99	ACI 318- 11	ACI 318- 14
1	Gaya Lentur	0,80	0,80	0,90	0,65- 0,90	0,90	0,90	0,60- 0,90
2	Gaya Geser	0,60	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85	0,75
3	Gaya Aksial	0,65	0,65	0,75	0,65- 0,90	0,70	0,75	0,60- 0,90

3.1.1 Konsep Perhitungan Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

Dalam metode perhitungan faktor reduksi kekuatan telah dicari metode yang lebih sederhana dengan penaksiran keamanan struktur berdasarkan probabilitas. Metode tersebut adalah metode reliabilitas momen kedua, orde pertama (*advanced first order, second moment procedure*), metode ini memperhitungkan sifat *random* dari semua variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ). Metode ini disebut *Second-Moment Procedure* karena dalam menggambarkan distribusi masing-masing variabel selalu menggunakan dua parameter statistik yaitu nilai rata-rata (*mean*) dan koefisien variasi. Meskipun memiliki hambatan utama dalam pemakaiannya yaitu kurang cukupnya data statistik yang konsisten, metode ini telah dianggap sebagai sarana yang dapat diandalkan untuk penyusunan keamanan struktur oleh *ACI Fall Convention Canada*.



Gambar 3.1 Distribusi Frekuensi Beban (Q) dan Kekuatan (R)



Gambar 3.2 Distribusi Frekuensi Dari Y

Metode ini mengasumsikan beban sebesar Q dan kekuatan sebesar R sebagai variabel-variabel acak. Pada Gambar 3.1 terlihat distribusi frekuensi tipikal dari variabel-variabel acak. Bila kekuatan (R) melebihi beban (Q), maka akan terdapat suatu margin keamanan. Apabila R tidak melebihi Q dalam jarak yang besar, ada kemungkinan bahwa R kurang dari Q seperti pada bagian yang telah diarsir dimana kurva R dan Q saling menutupi.

Oleh karena itu, kegagalan pada struktur beton bertulang dapat didefinisikan dengan membandingkan R dan Q , atau dalam bentuk logaritmik $\ln(R/Q)$ seperti pada Gambar 3.2 kegagalan merupakan wilayah perpotongan. Jarak diantara garis

kegagalan dengan nilai rata-rata dari fungsi $\ln(R/Q)$ didefinisikan sebagai perkalian indeks kehandalan (β) dengan standar deviasi (σ) dari fungsi tersebut. Semakin besar β , maka semakin besar pula margin keamanannya.

Struktur akan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kekuatan dan beban. Jika mengasumsikan R , $\bar{R}$, dan σ_r menunjukkan distribusi kekuatan dan Q , $\bar{Q}$, dan σ_Q menunjukkan beban, beberapa kegagalan struktur dapat diberikan jika $R < Q$. Sehingga probabilitas dari kegagalan adalah probabilitas $R < Q$ atau:

$$P_f = P \left[\frac{R}{Q} < 1 \right] \quad (3.1)$$

Dengan: P_f = Probabilitas kegagalan

Bila $\ln 1 = 0$, maka Persamaan (3.1) menjadi:

$$P_f = P \left[\ln \frac{R}{Q} < 0 \right] \quad (3.2)$$

Bila $\frac{P_f}{p} = Y$, maka dapat didefinisikan:

$$Y = \ln \left(\frac{R}{Q} \right) \quad (3.3)$$

Diasumsikan Y berdistribusi normal dan $\left(\frac{R}{Q} \right)$ berdistribusi log-normal seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Nilai rata-rata dari Y dan standar deviasi (σ_y) adalah:

$$\bar{Y} = \overline{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \quad (3.4.a)$$

$$\sigma_y = \sigma_{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \quad (3.4.b)$$

Berdasarkan prinsip logaritma (Kusdiono, 1995) $\ln \left(\frac{R}{Q} \right) = \ln R - \ln Q$, maka Persamaan (3.4.b) menjadi:

$$\sigma_y = \sigma_{(\ln R - \ln Q)} \quad (3.5)$$

Berdasarkan sifat varian (Whitmore, 1978) menjadi:

$$\sigma_y^2 = \sigma_{(\ln R - \ln Q)}^2 \quad (3.6)$$

Berdasarkan sifat varian (Walpole, 1995) $\sigma_{X-Y}^2 = \sigma_X^2 + \sigma_Y^2$, Persamaan (3.6) menjadi:

$$\sigma_y^2 = \sigma_{(\ln R - \ln Q)}^2 = \sigma_{\ln R}^2 + \sigma_{\ln Q}^2 \quad (3.7)$$

Fungsi Y seperti pada Persamaan (3.3) dapat dilihat pada Gambar 3.2. Rata-rata dari Y akan lebih besar nilainya dari Y dengan Y adalah standar deviasi dikalikan dengan faktor keamanan (b). Pernyataan tersebut dapat ditulis menjadi:

$$\bar{Y} \geq \beta \sigma_y \quad (3.8)$$

Dengan memperhitungkan Persamaan (3.4.a) dan (3.4.b) maka Persamaan (3.8) menjadi:

$$\overline{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \geq \beta \sigma_{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \quad (3.9)$$

Dengan mengingat hubungan pada Persamaan (3.7) maka Persamaan (3.9) menjadi:

$$\overline{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \geq \beta \sqrt{\sigma_{\ln R}^2 + \sigma_{\ln Q}^2} \quad (3.10)$$

Sesuai dengan prinsip statistika fungsi yang terdistribusi log-normal, koefisien variasi dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$V_R = (e^{\sigma^2_{\ln R}} - 1)^{1/2} \quad (3.11)$$

Menurut MacGregor (1976), untuk $V_R \leq 0,6$ maka diambil hubungan:

$$V_R = \sigma^2_{\ln R} \quad (3.12)$$

Substitusi Persamaan (3.12) ke dalam Persamaan (3.10) maka akan diperoleh,

$$\overline{\ln\left(\frac{R}{Q}\right)} \geq \beta \sqrt{V_R^2 + V_Q^2} \quad (3.13)$$

(Lind, 1971), menunjukkan bahwa:

$$\sqrt{A^2 + B^2} = \alpha A + \alpha B \quad (3.14)$$

Dengan α adalah fungsi separasi yang bernilai antara 0,707 – 1.

Dengan memperhitungkan Persamaan (3.14), maka fungsi separasi Persamaan (3.13) menjadi:

$$\overline{\ln\left(\frac{R}{Q}\right)} \geq \beta \alpha V_R + \beta \alpha V_Q \quad (3.15)$$

Persamaan (3.15) dapat ditulis menjadi:

$$\overline{R/Q} \geq e^{(\beta \alpha V_R + \beta \alpha V_Q)} \quad (3.16)$$

Selanjutnya Persamaan (3.16) dapat disusun menjadi:

$$\bar{R}e^{\beta\alpha V_R} \geq \bar{Q}e^{\beta\alpha V_Q} \quad (3.17)$$

Pada perhitungan rata-rata kekuatan ($\bar{R}$) direduksi dengan faktor yang kurang dari satu dan beban rata-rata ($\bar{Q}$) diperbesar dengan faktor yang lebih dari satu (lihat pada Persamaan (3.1)). Meskipun ketika perencana menggunakan aturan-aturan persamaan desain dan penentuan, menghitung kekuatan desain R daripada rata-rata kekuatan R. Dengan cara yang sama, perencanaan didasarkan atas Q yang telah ditetapkan dalam tabel pembebanan.

Dengan mendefinisikan nilai γ adalah perbandingan dari $\bar{Q}/Q$, maka:

$$\bar{R} = R \times \gamma_R \quad (3.18.a)$$

$$\bar{Q} = Q \times \gamma_Q \quad (3.18.b)$$

Maka Persamaan (3.18.a) dan (3.18.b) ditulis menjadi:

$$R \times \gamma_R [e^{\beta\alpha V_R}] \geq Q \times \gamma_Q [e^{\beta\alpha V_Q}] \quad (3.19)$$

atau dibentuk menjadi:

$$\phi R \geq \lambda Q \quad (3.20)$$

Harga ϕ adalah nilai faktor reduksi kekuatan dan λ adalah faktor beban, sehingga persamaan yang digunakan menurut MacGregor (1976) adalah sebagai berikut.

$$\phi = \gamma_R [e^{-\beta\alpha V_R}] \quad (3.21)$$

dan

$$\lambda = \gamma_Q [e^{+\beta \alpha V_Q}] \quad (3.22)$$

Dengan:

$$\gamma_R = \bar{R}/R \quad (3.23)$$

V_R = koefisien variasi R

α = *separation function* yang bernilai antara 0,707 – 1

β = ukuran keandalan bagian struktur

Dalam penelitian ini digunakan nilai α sebesar 0,75. Sedangkan nilai β digunakan sebagaimana yang telah dianjurkan oleh MacGregor, yaitu:

$\beta = 3,5$ untuk momen lentur

$\beta = 4,0$ untuk gaya aksial kolom bersengkang

$\beta = 4,0$ untuk gaya geser

3.2 Format Kekuatan/Keamanan

Untuk setiap konstruksi bangunan beton bertulang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga keamanan penghuninya terjamin. Untuk memenuhi hal tersebut, ada beberapa hal yang harus diperhitungkan sebagai berikut.

1. Adanya pelaksana konstruksi di lapangan yang kurang memperhatikan mutu pelaksanaan sehingga kurang sesuai dengan desain dan dapat menurunkan kekuatan rencana.
2. Variabilitas mutu bahan yang digunakan di lapangan sehingga dapat menyebabkan perbedaan perhitungan dengan keadaan yang sesungguhnya.
3. Adanya penyederhanaan perhitungan dalam menganalisis dan desain komponen struktur.
4. Dalam pelaksanaan di lapangan adanya variabilitas ukuran komponen-komponen atau dimensi yang kurang sesuai di lapangan.

5. Adanya penyimpanan intensitas beban yang tidak sesuai atau adanya pembebanan di luar perhitungan.

Suatu bangunan struktur beton bertulang dapat terjamin keamanannya dengan cara diberikan kapasitas kekuatan atau kuat rencana yang lebih besar dari berbagai kombinasi efek beban yang bekerja. Kuat rencana (*design strength*) dapat diperoleh dengan mengalikan kuat nominal dengan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang lebih kecil dari satu ($\phi < 1$) dan beban nominal dikalikan dengan faktor beban yang nilainya lebih dari satu. Dapat ditulis sebagai persamaan tahanan faktor $\geq$ beban berfaktor (Kadek Diana, 2005).

Faktor tahanan dapat diekspresikan dalam beberapa cara seperti *ACI Building Code* mengekspresikan sebagai berikut.

$$\phi \times R \geq \lambda \times Q \quad (3.24)$$

Dengan: ϕ = faktor reduksi kekuatan,

R = kekuatan nominal,

λ = faktor beban,

Q = beban yang bekerja.

3.3 Parameter Statistik Yang Digunakan

Berikut ini adalah parameter-parameter statistik yang dicari dan digunakan dalam penelitian.

3.3.1 Rata-rata Hitung (*Mean*)

Rata-rata hitung untuk variasi data yang terdapat pada sampel dihitung dengan cara membagi jumlah nilai data dengan banyaknya data. Simbol rata-rata untuk sampel adalah $\bar{x}$. Menurut Subagyo (1985), nilai rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.25)$$

atau

$$\bar{x} = \frac{\sum x_n}{n} \quad (3.26)$$

Dengan: x = data yang diuji

n = banyaknya data yang diuji

Dalam penelitian ini data diambil dari pengukuran secara langsung di lapangan dan pengujian di laboratorium yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan.

3.3.2 Deviasi Standar

Deviasi standar (σ) adalah standar penyimpangan data dari nilai rata-rata. Pangkat dua dari simpangan baku atau standar deviasi disebut dengan varians. Nilai deviasi standar dari data sampel uji dapat dihitung menurut Supranto (2008) dengan persamaan berikut.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.27)$$

Persamaan 3.4 diubah supaya dalam perhitungan dapat lebih cepat dan lebih mudah, sebab tanpa menghitung rata-ratanya dahulu seperti pada persamaan sehingga deviasi standar bisa dicari dengan persamaan berikut.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3.28)$$

3.3.3 Koefisien Variasi

Koefisien variasi (V) adalah menyatakan persentase deviasi standar dari rata-ratanya. Kegunaan dari koefisien variasi adalah untuk mengukur keseragaman sesuatu hal. Semakin kecil koefisien variasi berarti data tersebut semakin seragam

(Subagyo, 1988). Untuk mengetahui tingkat penyebaran data digunakan koefisien variasi yang dapat dihitung menurut (Hasan, 1999) dengan persamaan berikut.

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \quad (3.29)$$

atau

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.30)$$

3.3.4 Kombinasi Distribusi Statistik

Apabila dalam kombinasi A dan B berikut menyatakan persamaan-persamaan (rumus) yang dipakai menurut Walpole (1995).

1. Kombinasi penjumlahan

$$x = A - B \text{ (atau } A + B) \quad (3.31)$$

$$\bar{x} = \bar{A} - \bar{B} \text{ (atau } \bar{A} + \bar{B}) \quad (3.31)$$

Maka:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2} \quad (3.33)$$

Dengan σ_A dan σ_B adalah deviasi standar dari A dan B, dengan rumus Persamaan (3.27).

2. Kombinasi perkalian

$$y = A \times B \quad (3.34)$$

$$\bar{y} = \bar{A} \times \bar{B} \quad (3.35)$$

Maka:

$$V_y = \sqrt{V_A^2 + V_B^2} \quad (3.36)$$

Dengan: V_y = koefisien variasi dari y

V_A = koefisien variasi dari A

V_B = koefisien variasi dari B

Untuk mencari nilai V_A dan V_B menggunakan Persamaan (3.29).

3.3.5 Kuat Desak Beton (f'_c)

Salah satu cara untuk mengontrol mutu beton adalah dengan menguji sampel atau benda uji. Nilai dari pengujian yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang bersifat heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan juga kondisi lingkungan setempat pada saat pengujian. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan desak karakteristik beton.

Apabila data nilai kuat tekan beton yang diperoleh dari pengujian laboratorium selama penelitian masih belum mencapai umur 28 hari maka nilai kuat tekan tersebut akan dikonversi menjadi nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan angka perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur sebagai berikut.

Tabel 3.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber: PBI 1971)

3.3.6 Baja Tulangan

Setiap baja tulangan yang merupakan hasil fabrikasi mempunyai mutu dan jenis baja sesuai dengan yang berlaku di daerahnya. Baja tulangan menurut bentuknya dibagi dalam batang polos dan batang diprofilkan (*deform*). Batang dengan bentuk polos adalah batang prismatis berpenampang bulat, persegi, lonjong, dan lain-lain dengan permukaan yang licin. Batang dengan bentuk *deform* adalah batang prismatis atau dipuntir yang permukaannya diberi rusuk-rusuk yang terpasang tegak lurus atau miring terhadap sumbu batang. Di dalam perhitungan-perhitungan luas penampang batang polos yang tidak berpenampang bulat dan batang yang diprofilkan harus diambil sebesar $\frac{1}{4} \times \pi \times dp^2$, dimana (dp) adalah diameter penampang. Apabila (g) adalah berat batang per m' dalam kg, maka diameter penampang dalam mm pada batang yang diprofilkan menurut Wiratman (1971), dapat dihitung dengan rumus:

$$dp = 12,74 \sqrt{g} \quad (3.37)$$

3.4 Perhitungan Nilai Faktor Reduksi Kekuatan

Dalam cara perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) merujuk pada rumus MacGregor (1976) yang dijelaskan sebagai berikut.

3.4.1 Penyederhanaan Asumsi dan Perumusan Kekuatan

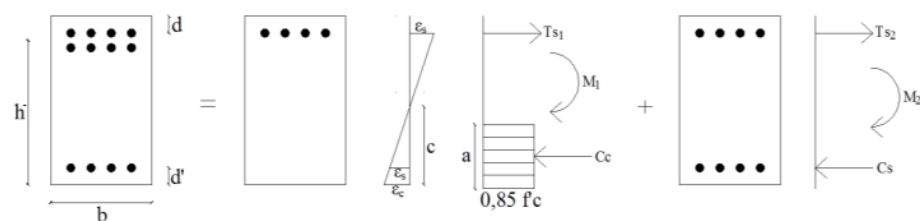
Penyederhanaan asumsi yang dilakukan dalam rumus perencanaan kekuatan penampang antara lain penggunaan blok tegangan pada mutu beton, pembatasan regangan dan pengabaian penguatan regangan (*strain hardening*). Penyederhanaan ini mengakibatkan kesalahan yang sistematis dan acak. Ketelitian rumus perencanaan akan ditunjukkan oleh perbandingan antara kekuatan penampang yang dihitung dengan penyederhanaan di atas terhadap kekuatan yang diukur dari hasil percobaan-percobaan di laboratorium. Nilai P ini menurut MacGregor (1976) diasumsikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.3 Asumsi Nilai P Menurut MacGregor

Jenis	P rata-rata	V _P
Luas Tulangan (As)	1,00	0,03
Lentur (Mn)	1,06	0,04
Aksial Kolom (Pn)	0,98	0,05
Geser oleh Beton (Vc)	1,10	0,15
Geser oleh Baja Tulangan (Vs)	1,20	0,15

3.4.2 Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Balok

3.4.2.1 Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)

**Gambar 3.3 Distribusi Tegangan dan Regangan Balok**

Untuk menghitung nilai kekuatan penampang momen rencana terdapat dua kondisi yang ada yaitu kondisi baja desak sudah leleh dan baja desak belum leleh. Sebelum mendapatkan hasil kekuatan momen pada balok dengan kedua kondisi tersebut, terlebih dahulu mencari apakah kondisi baja desak sudah leleh atau baja desak belum leleh. Dengan melihat diagram tegangan-regangan pada Gambar 3.3, langkah awal yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad (3.38)$$

Dengan perbandingan segitiga pada Gambar 3.3 maka didapat persamaan sebagai berikut.

$$\varepsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \quad (3.39)$$

$$\varepsilon_t = \frac{h_{eff} - c}{c} \times 0,003 \quad (3.40)$$

Dari Persamaan 3.40 dilakukan pengecekan terhadap kondisi baja desak belum leleh dengan kontrol $\varepsilon_s' < \varepsilon_y$, dan untuk baja desak sudah leleh yaitu $\varepsilon_s' > \varepsilon_y$. Perbedaan kondisi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Kondisi baja desak sudah leleh ($\varepsilon_s' > \varepsilon_y$)

Kondisi baja desak sudah leleh terjadi saat regangan beton mencapai angka 0,003 dan $\varepsilon_s' > \varepsilon_y$. Berdasarkan Gambar 3.3 diperoleh perhitungan kuat momen yang dirumuskan sebagai berikut.

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s \quad (3.41)$$

Dengan,

$$T_{s1} = A_{st} \times f_y \quad (3.42)$$

$$T_{s2} = A_{s'} \times f_y \quad (3.43)$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b \quad (3.44)$$

$$C_s = A_{s'} \times f_y \quad (3.45)$$

Maka persamaan-persamaan diatas menjadi seperti berikut.

$$A_{st} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times a \times b) + (A_{s'} \times f_y) \quad (3.46)$$

$$0,85 \times f'_c \times a \times b = (A_{st} - A_{s'}) \times f_y \quad (3.47)$$

$$a = \frac{(A_{st} - A_{s'}) \times f_y}{0,85 \times f'_c \times a \times b} \quad (3.48)$$

$$M_1 = C_c \times (h - a/2) = 0,85 \times f'_c \times a \times b \times (h - a/2) \quad (3.49)$$

$$M_2 = C_s \times (h - d') = A_s' \times f_y \times (h - d') \quad (3.50)$$

Bila:

$$M_n = M_1 + M_2 \quad (3.51)$$

Maka, dengan mensubstitusi Persamaan 3.49, 3.50, dan 3.51, diperoleh:

$$M_n = 0,85 \times f'_c \times a \times b \times (h - a/2) + A_s' \times f_y \times (h - d') \quad (3.52)$$

2. Kondisi baja desak belum leleh ($\varepsilon_s' < \varepsilon_y$)

Untuk kondisi baja desak belum leleh terjadi pada saat regangan beton mencapai 0,003 dan $\varepsilon_s' < \varepsilon_y$, maka $f_s' = f_y$. Dilihat dari tegangan dan regangan pada Gambar 3.3, diperoleh perhitungan:

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s \quad (3.53)$$

Dengan:

$$T_{s1} = A_{st} \times f_y \quad (3.42)$$

$$T_{s2} = A_s' \times f_y \quad (3.43)$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b \quad (3.44)$$

$$C_s = A_s' \times f_s \quad (3.54)$$

Maka persamaan-persamaan di atas menjadi:

$$A_{st} \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + (A_s' \times f_s) \quad (3.55)$$

$$A_{st} \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + A_s' \times f_s \quad (3.56)$$

$$A_{st} \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + A_s' \times \varepsilon_s \times E_s \quad (3.57)$$

$$A_{st} \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + A_s' \times \frac{c-d'}{c} \times \varepsilon_c \times E_s \quad (3.58)$$

$$A_{st} \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + A_s' \times \frac{a-\beta_1 \times d'}{a} \times \varepsilon_c \times E_s \quad (3.59)$$

$$0 = (0,85 \times f'_c \times a \times b) a^2 + \{(A_s' \times \varepsilon_c \times E_s) - (A_{st} \times f_y)\} a - (A_s' \times \beta_1 \times d' \times \varepsilon_c \times E_s) \quad (3.60)$$

$$a =$$

$$\frac{\{(A_s' \times \varepsilon_c \times E_s) - (A_{st} \times f_y)\} + \sqrt{\{(A_s' \times \varepsilon_c \times E_s) - (A_{st} \times f_y)\}^2 + 4 \times (0,85 \times f'_c \times a \times b) \times (A_s' \times \beta_1 \times d' \times \varepsilon_c \times E_s)}}{2 \times (0,85 \times f'_c \times a \times b)} \quad (3.61)$$

$$M_1 = C_c \times (h - a/2) = 0,85 \times f'_c \times a \times b \times (h - a/2) \quad (3.62)$$

$$M_2 = C_s \times (h - d') = A_s' \times f_s \times (h - d') \quad (3.63)$$

Dengan cara yang sama pada Persamaan 3.53 maka persamaan menjadi:

$$M_n = 0,85 \times f'_c \times a \times b \times (h - a/2) + A_s' \times f_s \times (h - d') \quad (3.64)$$

Dengan:

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s \quad (3.65)$$

3.4.2.2 Kekuatan Penampang Momen Rerata ($\bar{R}$)

Dengan mengacu pada Persamaan 3.64 maka tiap variabel yang diperoleh di lapangan dibuat nilai rata-rata untuk mencasi nilai $\overline{Mn}$. Nilai tersebut harus dikoreksi terhadap kesalahan yang diijinkan dalam persamaan di atas dengan demikian menurut MacGregor (1976):

$$\bar{R} = \overline{Mn} \times \bar{P} \quad (3.66)$$

Dengan: $\overline{Mn}$ = Momen nominal rata-rata (Nm)

$\bar{P}$ = Faktor penyederhanaan asumsi (Tabel 3.3)

Nilai rata-rata diperoleh dari data yang telah diambil dari hasil pengukuran di lapangan dan di laboratorium yang dirata-rata. Setelah nilai R dan $\bar{R}$ diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam Persamaan 3.23 yang akan menghasilkan nilai perbandingan kekuatan penampang rerata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R).

3.4.2.3 Koefisien Variasi (V_R)

Pada Persamaan 3.61, 3.62, dan 3.63 terdapat beberapa hal yang harus diperoleh yaitu tinggi balok tegangan desak beton (a) dengan variabel A_{st} , $A_{s'}$, d' , b, f'_c , dan f_y . Momen tulangan sebelah (M_1) dengan variabel f'_c , b, dan $(h - a/2)$. Momen tulangan kembar (M_2) dengan variabel $A_{s'}$, f_y , dan $(h - d')$. Seluruh variabel tersebut digunakan untuk menghasilkan nilai koefisien variasi yang harus dihitung. Untuk memudahkan perhitungan nilai V_R , maka dilakukan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai rata-rata

Dengan menggunakan Persamaan 3.27 dilakukan perhitungan nilai rata-rata yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang yaitu luasan tulangan tarik rerata ($\overline{A_{st}}$), luasan tulangan desak rerata ($\overline{A_{s'}}$), jarak tulangan ke tepi atas rerata ($\overline{d'}$), lebar balok rerata ($\overline{b}$), mutu beton rerata ($\overline{f'_c}$), mutu baja rerata ($\overline{f_y}$), tinggi efektif balok rerata ($\overline{h}$), tinggi balok tegangan beton

rerata ($\bar{a}$), momen tulangan sebelah rerata ($\overline{M_1}$), dan momen tulangan kembar rerata ($\overline{M_2}$).

2. Menghitung nilai koefisien variasi tinggi balok tegangan desak beton ($V_{a/2}$)
Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan Persamaan 3.30 dengan mengganti variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, sehingga persamaan yang dapat dihasilkan yaitu sebagai berikut.

- a. Koefisien variasi mutu beton,

$$V_{f'c} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(f'c - \bar{f}'c)^2}{n-1}}}{\bar{f}'c} \quad (3.67)$$

- b. Koefisien variasi mutu baja,

$$V_{fy} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(fy - \bar{fy})^2}{n-1}}}{\bar{fy}} \quad (3.68)$$

- c. Koefisien variasi luas tulangan tarik,

$$V_{Ast} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(Ast - \bar{Ast})^2}{n-1}}}{\bar{Ast}} \quad (3.69.a)$$

Menurut MacGregor nilai V_{ast} harus dikalikan dengan faktor penyederhanaan, dengan menggunakan Persamaan 3.36 maka dapat dihitung:

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{Ast}^2 + V_{Asp}^2} \quad (3.69.b)$$

Nilai V_{asp} dapat dilihat pada Tabel 3.3

- d. Koefisien variasi luas tulangan tekan,

$$V_{As'd} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (As' - \overline{As'})^2}{n-1}}}{\overline{As'}} \quad (3.70.a)$$

Menurut MacGregor nilai $V_{As'}$ harus dikalikan dengan faktor penyederhanaan dengan menggunakan Persamaan 3.36 maka dapat dihitung:

$$V_{As'} = \sqrt{V_{As'}^2 + V_{Asp}^2} \quad (3.70.b)$$

Nilai V_{asp} dapat dilihat pada Tabel 3.3

e. Koefisien variasi lebar balok

$$V_b = \frac{\sqrt{\frac{\sum (b - \overline{b})^2}{n-1}}}{\overline{b}} \quad (3.71)$$

f. Koefisien variasi jarak tulangan ke tepi atas,

$$V_{d'} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (d' - \overline{d'})^2}{n-1}}}{\overline{d'}} \quad (3.72)$$

Dari koefisien variasi yang mempengaruhi di atas, dengan mengacu pada Persamaan 3.36 dapat dihasilkan persamaan koefisien variasi setengah tinggi balok desak beton yaitu:

$$V_{a/2} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{As'}^2 + V_b^2 + V_{d'}^2} \quad (3.73)$$

3. Menghitung nilai koefisien variasi $(h - a/2)$ ($V_{h-a/2}$)

Variabel yang mempengaruhi koefisien variasi $h - a/2$ ($V_{h-a/2}$) adalah V_h dan $V_{a/2}$. Dengan menggunakan Persamaan 3.73, 3.29, dan 3.33 maka didapat persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_{a/2} = \left(\frac{a}{2}\right) \times V_{a/2} \quad (3.74)$$

$$\sigma_{(h-a/2)} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{a/2}^2} \quad (3.75)$$

$$V_{(h-a/2)} = \frac{\sigma_{(h-a/2)}}{(h-a/2)} \quad (3.76)$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi ($h-d'$)

Variabel yang mempengaruhi koefisien variasi ($h-d'$) adalah V_h dan $V_{d'}$. Dengan menggunakan Persamaan 3.29 dan 3.33 maka didapat persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_h = \bar{h} \times V_h \quad (3.77)$$

$$\sigma_{d'} = \bar{d}' \times V_{d'} \quad (3.78)$$

$$\sigma_{(h-d')} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{d'}^2} \quad (3.79)$$

$$V_{(h-d')} = \frac{\sigma_{(h-d')}}{(h-d')} \quad (3.80)$$

5. Menghitung nilai deviasi standar dari M_1 ($\bar{M}_1$) dan M_2 ($\bar{M}_2$)

$$\sigma_x = V_x \times \bar{X} \quad (3.81)$$

Sehingga:

$$\sigma_{M_1} = V_{M_1} \times \overline{M_1} \quad (3.82)$$

$$\sigma_{M_2} = V_{M_2} \times \overline{M_2} \quad (3.83)$$

6. Menghitung nilai koefisien variasi Mn (V_{Mn})

Deviasi standar dari momen nominal (σ_{Mn}) dihitung menggunakan Persamaan 3.33 seperti berikut.

$$\sigma_{Mn} = \sqrt{\sigma_{M_1}^2 + \sigma_{M_2}^2} \quad (3.84)$$

Kemudian dengan Persamaan 3.29 diperoleh nilai V_{Mn} .

7. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Langkah berikutnya untuk mencari koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{Mn} (koefisien variasi momen nominal) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3.

3.4.2.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan ϕ Momen Lentur Balok

Langkah terakhir dalam perhitungan ini yaitu menghitung nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur pada balok (ϕ_{lentur}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.4.3 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Balok

3.4.3.1 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rencana (R)

Dalam perencanaan gaya geser nominal balok (V_n) adalah penjumlahan dari gaya-gaya yang mampu dikerahkan oleh beton (V_c) dan gaya-gaya yang mampu dikerahkan oleh tulangan geser (V_s). Sehingga persamaan gaya geser menurut Gurki (2002) menjadi:

$$R = V_n = V_c + V_s \quad (3.85)$$

Yang mana:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times h \quad (3.86)$$

$$V_s = \frac{A_{sv} \times f_y \times h}{s} \quad (3.87)$$

Dengan (V_c) adalah gaya geser pada balok yang mampu ditahan oleh beton dalam N, ($f'c$) adalah mutu beton dalam MPa, (b) adalah lebar balok dalam mm, (h) adalah tinggi efektif balok dalam mm. Kemudian (V_s) adalah gaya geser pada balok yang mampu ditahan oleh baja dalam N, luasan tulangan sengkang (A_{sv}) adalah luasan tulangan sengkang dalam mm², (f_y) adalah mutu baja dalam MPa, dan (s) adalah jarak antar tulangan sengkang dalam mm.

3.4.3.2 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rerata ($\bar{R}$)

Kapasitas kekuatan gaya geser balok dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.85 dengan menambah nilai rata-rata variabel pada persamaan tersebut, sehingga nilai gaya geser yang ditahan oleh beton rerata adalah $\bar{V}_c$ dan nilai gaya geser yang ditahan oleh baja rerata adalah $\bar{V}_s$. Koreksi terhadap kesalahan dalam persamaan gaya geser balok tersebut menurut MacGregor (1976) adalah P_{geser} (Tabel 3.3), maka persamaan menjadi:

$$\bar{R} = (\bar{V}_c + \bar{V}_s) \times \overline{P_{geser}} \quad (3.88)$$

3.4.3.3 Koefisien Variasi (V_R)

1. Menghitung nilai rata-rata

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi dari V_R maka harus dihitung nilai rata-rata variabel yang mempengaruhi nilai V_R tersebut. Seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.4.2.3, bahwa kekuatan gaya geser pada balok diperoleh dari dua gaya yaitu gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_c)

dengan variabel yang mempengaruhinya adalah f'_c , b , h , dan gaya geser yang mampu ditahan oleh baja (V_s) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah A_{sv} , f_y , dan s . Dengan menggunakan Persamaan 3.27 maka rerata dari variabel yang mempengaruhi di atas dapat diperoleh yaitu mutu beton rerata ($\overline{f'_c}$), lebar balok rerata ($\overline{b}$), tinggi efektif balok rerata ($\overline{h}$), luasan tulangan sengkang rerata ($\overline{A_{sv}}$), mutu baja rerata ($\overline{f_y}$), dan jarak tulangan sengkang rerata ($\overline{s}$).

2. Menghitung nilai koefisien variasi V_{vc} dan V_{vs}

Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan Persamaan 3.30 dengan mengganti variabel yang mempengaruhi yang akan menghasilkan koefisien variasi berupa koefisien variasi mutu beton ($V_{f'_c}$), koefisien variasi lebar balok (V_b), koefisien variasi tinggi efektif balok (V_h), koefisien variasi mutu baja (V_{f_y}), koefisien variasi luas tulangan sengkang ($V_{A_{sv}}$), dan koefisien variasi jarak sengkang (V_s). Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_{vc}) dan nilai koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja (V_{vs}) digunakan Persamaan 3.36 yang kemudian akan menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$V_{vc} = \sqrt{V_{f'_c}^2 + V_b^2 + V_h^2} \quad (3.89)$$

$$V_{vs} = \sqrt{V_{A_{sv}}^2 + V_{f_y}^2 + V_s^2} \quad (3.90)$$

3. Menghitung nilai deviasi standar dari V_c (σ_{V_c}) dan V_s (σ_{V_s})

Berdasarkan Persamaan 3.81, deviasi standar dari beban atau gaya X akan menghasilkan nilai σ_{V_c} (standar deviasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) dengan mengganti variabel berupa V_{vc} (koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) serta $\overline{V_c}$ (gaya geser yang mampu ditahan oleh beton rerata) dan menghasilkan nilai σ_{V_s} (standar deviasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja) dengan mengganti variabel berupa V_{vs}

(koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja) serta $\bar{V}_s$ (gaya geser yang mampu ditahan oleh baja rerata) sehingga persamaan menjadi:

$$\sigma_{V_c} = V_{V_c} \times \bar{V}_c \quad (3.91)$$

$$\sigma_{V_s} = V_{V_s} \times \bar{V}_s \quad (3.92)$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi V_n (V_{V_n})

Dengan menggunakan Persamaan 3.33, dihasilkan standar deviasi gaya geser total (σ_{V_n}) dengan mengubah variabel menjadi σ_{V_c} dan σ_{V_s} . Dengan demikian koefisien variasi gaya geser total (V_{V_n}) dihitung berdasarkan Persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$\sigma_{V_n} = \sqrt{\sigma_{V_c}^2 + \sigma_{V_s}^2} \quad (3.93)$$

$$V_{V_n} = \frac{\sigma_{V_n}}{\bar{V}_n} \quad (3.94)$$

5. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Kemudian mencari koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{V_n} (koefisien variasi gaya geser total) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3, yang akan menghasilkan nilai koefisien variasi dari kekuatan penampang struktur sebesar V_R .

3.4.3.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan ϕ Gaya Geser Balok

Langkah terakhir dalam perhitungan ini adalah menghitung nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya geser balok (ϕ_{geser}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.4.4 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Aksial Kolom

3.4.4.1 Kekuatan Penampang Struktur Untuk Gaya Aksial Rencana (R)

Kekuatan penampang nominal pada kolom atau aksial kosentris ($e = 0$) yang disebutkan menurut Gurki (2002) yaitu baris kerja P_0 berimpit dengan garis kerja resultan gaya-gaya C_c (gaya desak beton), C_s (gaya desak baja) yang berlaku rumus:

$$R = P_0 = P_c + P_s \quad (3.95)$$

Dimana:

$$P_c = 0,85 \times f'_c \times A_n \quad (3.96)$$

Atau

$$P_c = 0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) \quad (3.97)$$

$$P_s = f_y \times A_{st} \quad (3.98)$$

Dengan kapasitas penampang batas eksentrisitas sama dengan nol (P_0), luas penampang beton netto (A_n), luas penampang kolom brutto (A_g), luas penampang total tulangan vertikal (A_{st}), kekuatan beton (f'_c), dan tegangan leleh baja (f_y).

3.4.4.2 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Aksial Rerata ($\bar{R}$)

Berdasarkan Persamaan 3.97 dan 3.98, dapat diketahui variabel-variabel yang mempengaruhi kekuatan penampang struktur yang ada di lapangan sehingga dengan variabel-variabel tersebut dapat dicari perhitungan kekuatan penampang struktur rerata ($\bar{R}$). Nilai P_0 rerata harus dikoreksi terhadap kesalahan yang diijinkan yaitu faktor penyederhanaan asumsi dan persamaan ($\bar{P}$) pada Tabel 3.3, sehingga persamaan menurut MacGregor (1976) menjadi:

$$\bar{R} = (\bar{P}_0) \times \bar{P} \quad (3.99)$$

3.4.4.3 Koefisien Variasi (V_R)

1. Menghitung nilai rata-rata

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi dari V_R maka harus dilakukan perhitungan nilai rata-rata variabel yang mempengaruhi nilai V_R tersebut. Seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.4.3.3, bahwa kekuatan gaya geser pada balok diperoleh dari dua gaya yaitu gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton (P_c) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah f'_c dan A_n , dan gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja (P_s) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah A_{st} dan f_y . Dengan menggunakan Persamaan 3.27 maka rerata dari variabel yang mempengaruhi di atas dapat diperoleh yaitu mutu beton rerata ($\overline{f'_c}$), luas penampang bersih rerata ($\overline{A_n}$), luas tulangan kolom rerata ($\overline{A_{st}}$), dan mutu baja rerata ($\overline{f_y}$).

2. Menghitung nilai koefisien variasi V_{P_c} dan V_{P_s}

Untuk mencari nilai koefisien gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton (V_{P_c}) dan koefisien gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja (V_{P_s}) digunakan Persamaan 3.36. Kemudian untuk mencari koefisien variasi yang mempengaruhi yaitu koefisien variasi mutu beton ($V_{f'_c}$), koefisien variasi lebar kolom (V_b), koefisien variasi tinggi efektif kolom (V_{ht}), koefisien variasi mutu baja (V_{f_y}), dan koefisien variasi luas tulangan ($V_{A_{st}}$) digunakan Persamaan 3.30. Sehingga akan didapat persamaan sebagai berikut.

$$V_{P_c} = \sqrt{V_{f'_c}^2 + V_b^2 + V_{ht}^2} \quad (3.100)$$

$$V_{P_s} = \sqrt{V_{A_{st}}^2 + V_{f_y}^2} \quad (3.101)$$

3. Menghitung nilai deviasi standar dari P_c (σ_{P_c}) dan P_s (σ_{P_s})

Berdasarkan Persamaan 3.81, deviasi standar dari beban atau gaya X akan menghasilkan nilai σ_{P_c} (standar deviasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton) dengan mengganti variabel berupa V_{P_c} (koefisien variasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton) serta $\overline{P_c}$ (gaya aksial yang mampu ditahan

oleh beton rerata) dan menghasilkan nilai σ_{Ps} (standar deviasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja) dengan mengganti variabel berupa V_{Ps} (koefisien variasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja) serta $\bar{P}_s$ (gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja rerata) sehingga persamaan menjadi:

$$\sigma_{Pc} = V_{Pc} \times \bar{P}_c \quad (3.102)$$

$$\sigma_{Ps} = V_{Ps} \times \bar{P}_s \quad (3.103)$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi P_n (V_{Pn})

Dengan menggunakan Persamaan 3.33, dihasilkan standar deviasi gaya aksial total (σ_{P0}) dengan mengubah variabel menjadi σ_{Pc} dan σ_{Ps} . Dengan demikian koefisien variasi gaya aksial total (V_{P0}) dihitung berdasarkan Persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$\sigma_{P0} = \sqrt{\sigma_{Pc}^2 + \sigma_{Ps}^2} \quad (3.104)$$

$$V_{P0} = \frac{\sigma_{P0}}{\bar{P}_0} \quad (3.105)$$

5. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Kemudian mencari koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{Pn} (koefisien variasi gaya aksial total) dan V_P (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3, yang akan menghasilkan nilai koefisien variasi dari kekuatan penampang struktur sebesar V_R .

3.4.4.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan ϕ Gaya Aksial Kolom

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan gaya aksial pada kolom (ϕ) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.4.5 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Kolom

3.4.5.1 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rencana (R)

Dalam perencanaan gaya geser nominal kolom (V_n) adalah penjumlahan dari gaya-gaya yang mampu dikerahkan oleh beton (V_c) dan gaya-gaya yang mampu dikerahkan oleh tulangan geser (V_s). Sehingga persamaan gaya geser menurut Gurki (2002) tersebut menjadi:

$$R = V_n = V_c + V_s \quad (3.106)$$

Yang mana:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times h \quad (3.107)$$

$$V_s = \frac{A_{sv} \times f_y \times h}{s} \quad (3.108)$$

Dengan (V_c) adalah gaya geser pada kolom yang mampu ditahan oleh beton dalam N, ($f'c$) adalah mutu beton dalam MPa, (b) adalah lebar balok dalam mm, (h) adalah tinggi efektif balok dalam mm. Kemudian (V_s) adalah gaya geser pada kolom yang mampu ditahan oleh baja dalam N, (A_{sv}) adalah luas tulangan sengkang dalam mm², (f_y) adalah mutu baja dalam MPa, dan (s) adalah jarak antar tulangan sengkang dalam mm.

3.4.5.2 Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Rerata ($\bar{R}$)

Kapasitas kekuatan gaya geser kolom dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.106 dengan menambah nilai rata-rata variabel pada persamaan tersebut, sehingga nilai gaya geser yang ditahan oleh beton rerata adalah $\bar{V}_c$ dan nilai gaya geser yang ditahan oleh baja rerata adalah $\bar{V}_s$. Koreksi terhadap kesalahan dalam persamaan gaya geser kolom menurut MacGregor (1976) adalah P_{geser} (Tabel 3.3), maka persamaan akan menjadi sebagai berikut.

$$\bar{R} = (\bar{V}_c + \bar{V}_s) \times \overline{P_{geser}} \quad (3.109)$$

3.4.5.3 Koefisien Variasi (V_R)

1. Menghitung nilai rata-rata

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) perlu dilakukan perhitungan nilai rata-rata variabel yang mempengaruhi nilai tersebut. Seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.4.3.3, bahwa kekuatan gaya geser pada balok diperoleh dari dua gaya yaitu gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_c) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah f'_c , b , dan h dan gaya geser yang mampu ditahan oleh baja (V_s) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah Asv , f_y , dan S , maka begitu juga dengan gaya geser pada kolom. Dengan menggunakan Persamaan 3.27 maka rerata dari variabel yang mempengaruhi tersebut dapat diperoleh yaitu mutu beton rerata ($\overline{f'_c}$), lebar balok rerata ($\overline{b}$), tinggi efektif balok rerata ($\overline{h}$), luasan tulangan sengkang rerata ($\overline{Asv}$), mutu baja rerata ($\overline{f_y}$), dan jarak tulangan sengkang rerata ($\overline{S}$).

2. Menghitung nilai koefisien variasi V_{Vc} dan V_{Vs}

Untuk mencari nilai koefisien gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_{Vc}) dan koefisien gaya geser yang mampu ditahan oleh baja (V_{Vs}) digunakan Persamaan 3.36. Kemudian untuk mencari koefisien variasi yang mempengaruhi yaitu koefisien variasi mutu beton ($V_{f'_c}$), koefisien variasi lebar kolom (V_b), koefisien variasi tinggi efektif balok (V_h), koefisien variasi mutu baja (V_{f_y}), koefisien variasi luas tulangan sengkang (V_{Asv}), dan koefisien variasi jarak tulangan sengkang (V_s) digunakan Persamaan 3.30. Sehingga akan didapat persamaan sebagai berikut.

$$V_{Vc} = \sqrt{V_{f'_c}^2 + V_b^2 + V_h^2} \quad (3.110)$$

$$V_{Vs} = \sqrt{V_{Asv}^2 + V_{f_y}^2 + V_s^2} \quad (3.111)$$

3. Menghitung nilai deviasi standar dari V_c (σ_{Vc}) dan V_s (σ_{Vs})

Berdasarkan Persamaan 3.81, deviasi standar dari beban atau gaya X akan menghasilkan σ_{Vc} (standar deviasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) dengan mengganti variabel berupa V_{Vc} (koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) serta $\bar{V}_c$ (gaya geser yang mampu ditahan oleh beton rerata) dan menghasilkan σ_{Vs} (standar deviasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja) dengan mengganti variabel berupa V_{Vs} (koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja) serta $\bar{V}_s$ (gaya geser yang mampu ditahan oleh baja rerata) sehingga persamaan menjadi:

$$\sigma_{Vc} = V_{Vc} \times \bar{V}_c \quad (3.112)$$

$$\sigma_{Vs} = V_{Vs} \times \bar{V}_s \quad (3.113)$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi V_n (V_{Vn})

Dengan menggunakan Persamaan 3.33, dihasilkan standar deviasi gaya geser total (σ_{Vn}) dengan mengubah variabel menjadi σ_{Vc} dan σ_{Vs} . Dengan demikian koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}) dihitung berdasarkan Persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$\sigma_{Vn} = \sqrt{\sigma_{Vc}^2 + \sigma_{Vs}^2} \quad (3.114)$$

$$V_{Vn} = \frac{\sigma_{Vn}}{\bar{V}_n} \quad (3.115)$$

5. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Kemudian mencari nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{Vn} (koefisien variasi gaya geser total) dan V_P (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3, yang akan menghasilkan nilai koefisien variasi dari kekuatan penampang struktur sebesar V_R .

3.4.5.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan ϕ Gaya Geser Kolom

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan gaya aksial pada kolom (ϕ) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.4.6 Perhitungan Nilai Pada Momen Lentur Pelat

3.4.6.1 Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)

Menurut Istimawan (1993), persamaan untuk mencari momen nominal pelat dengan tulangan tarik adalah sebagai berikut.

$$R = Mn = As \times fy \times (h - a/2) \quad (3.116)$$

Dengan: Mn = Momen nominal

As = luas tulangan

fy = mutu baja

h = tebal efektif pelat

a = tebal tekan

Melihat kembali pada diagram tegangan-regangan pada Gambar 3.3 kondisi tulangan sebelah dapat diambil persamaan:

$$Cc = Ts1 \quad (3.117)$$

Dengan memasukkan Persamaan 3.42 dan 3.44 persamaan menjadi:

$$Ast \times fy = (0,85 \times f'c \times a \times b) \quad (3.118)$$

Sehingga didapat persamaan:

$$a = \frac{Ast \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \quad (3.119)$$

3.4.6.2 Kekuatan Penampang Momen Rerata ($\bar{R}$)

Dengan mengacu pada Persamaan 3.116, maka tiap variabel yang diperoleh di lapangan dibuat nilai rata-rata untuk mencari $\overline{M_n}$. Nilai ini harus dikoreksi terhadap kesalahan yang diijinkan dalam persamaan di atas dengan demikian menurut MacGregor (1976):

$$\bar{R} = \overline{M_n} \times \bar{P} \quad (3.120)$$

Dengan: $\overline{M_n}$ = Momen nominal rerata (Nm)

$\bar{P}$ = Faktor penyederhanaan asumsi rerata (Tabel 3.3)

Nilai rerata diperoleh dari data yang telah diambil dari hasil pengukuran di lapangan dan di laboratorium yang dicari nilai rata-ratanya. Setelah nilai R dan $\bar{R}$ diperoleh, kemudian dimasukkan ke dalam Persamaan 3.23 yang akan menghasilkan nilai perbandingan kekuatan penampang rerata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R).

3.4.6.3 Koefisien Variasi (V_R)

1. Menghitung nilai rata-rata

Dengan menggunakan Persamaan 3.27 dilakukan perhitungan nilai rata-rata yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang yaitu luasan tulangan tarik rerata ($\overline{A_s}$), mutu beton rerata ($\overline{f'_c}$), mutu baja rerata ($\overline{f_y}$), tinggi efektif balok rerata ($\bar{h}$), dan tinggi balok tegangan beton rerata ($\bar{a}$).

2. Menghitung nilai koefisien variasi tinggi balok tegangan desak beton ($V_{a/2}$)
Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan Persamaan 3.29 dengan mengganti variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, sehingga persamaan yang dapat dihasilkan yaitu sebagai berikut.

- a. Koefisien variasi mutu beton,

$$V_{fc} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (f'_c - \overline{f'_c})^2}{n-1}}}{\overline{f'_c}} \quad (3.121)$$

b. Koefisien variasi mutu baja,

$$V_{fy} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(fy - \bar{fy})^2}{n-1}}}{\bar{fy}} \quad (3.122)$$

c. Koefisien variasi luas tulangan tarik,

$$V_{Asd} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(As - \bar{As})^2}{n-1}}}{\bar{As}} \quad (3.123)$$

Menurut MacGregor nilai V_{As} harus dikalikan dengan faktor penyederhanaan, dengan menggunakan Persamaan 3.36 maka dapat dihitung:

$$V_{As} = \sqrt{V_{Asd}^2 + V_{Asp}^2} \quad (3.124)$$

Nilai V_{asp} dapat dilihat pada Tabel 3.3

Dari koefisien variasi yang mempengaruhi di atas, dengan mengacu pada Persamaan 3.36 dapat dihasilkan persamaan koefisien variasi setengah tinggi balok desak beton sebagai berikut.

$$V_{a/2} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{As}^2} \quad (3.125)$$

3. Menghitung nilai koefisien variasi $(h - a/2)$ ($V_{h-a/2}$)

Variabel yang mempengaruhi koefisien variasi $(h - a/2)$ ($V_{h-a/2}$) adalah V_h dan $V_{a/2}$, maka didapat persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_{a/2} = \left(\frac{a}{2}\right) \times V_{a/2} \quad (3.126)$$

$$\sigma_{(h-a/2)} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{a/2}^2} \quad (3.127)$$

$$V_{(h-a/2)} = \frac{\sigma_{(h-a/2)}}{(h-a/2)} \quad (3.128)$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi Mn (V_{Mn})

Koefisien variasi dari momen nominal (V_{Mn}) dihitung menggunakan Persamaan 3.33 seperti berikut.

$$V_{Mn} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{h-a/2}^2} \quad (3.129)$$

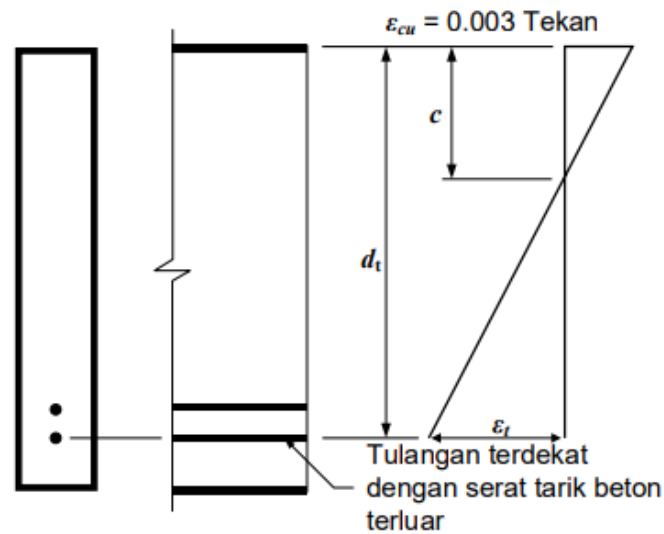
5. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Kemudian mencari nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{Mn} (koefisien variasi momen nominal) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3.

3.4.6.4 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan ϕ Momen Lentur Pelat

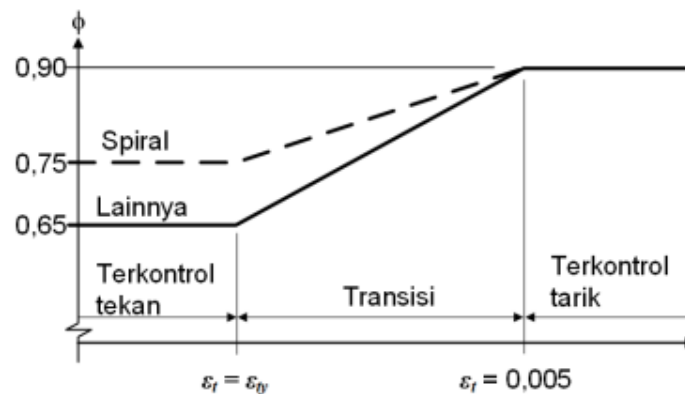
Langkah terakhir dalam perhitungan ini yaitu menghitung nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur pada pelat (ϕ_{lentur}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.5 Analisis Nilai ϕ Berdasarkan Nilai Regangan Baja Tulangan Tarik



Gambar 3.4 Distribusi Tegangan dan Regangan Tarik Netto Pada Komponen Prategang

(Sumber: SNI 2847:2019)



Gambar 3.5 Grafik Nilai ϕ Berdasarkan Nilai Regangan Baja Tarik

(Sumber: SNI 2847:2019)

Regangan tarik netto (ϵ_t) merupakan regangan tarik tulangan tarik terjauh pada kekuatan nominal yang tidak termasuk regangan yang terjadi akibat prategang, rangkai, susut, dan suhu. Regangan tarik netto dalam tulangan tarik terjauh ditentukan dari distribusi linier regangan pada kekuatan nominal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4 untuk komponen nonprategang.

Komponen struktur yang hanya menerima gaya tekan aksial dianggap terkontrol tekan (*compression-controlled*) dan komponen struktur yang hanya

menerima gaya tarik aksial dianggap terkontrol tarik (*tension-controlled*). Apabila regangan tarik netto pada tulangan tarik terjauh besar ($\geq 0,005$), maka komponen dianggap terkontrol tarik (*tension-controlled*) dimana keruntuhan akan ditandai oleh keretakan atau defleksi yang berlebihan pada komponen struktur. Sedangkan ketika regangan tarik netto pada tulangan tarik terjauh kecil ($< \varepsilon_y$) akan terjadi keruntuhan getas yang terjadi secara tiba-tiba tanpa ditandai apapun sebelum terjadi keruntuhan.

Ketika komponen struktur berada pada kondisi transisi dimana regangan tarik netto pada tulangan tarik tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil ($\varepsilon_y < \varepsilon_y < 0,005$), perlu dilakukan analisis pada nilai ϕ dengan menggunakan interpolasi. Berdasarkan pasal 21.2.2 SNI 2847:2019 analisis nilai ϕ untuk momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\phi = 0,75 + \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_y}{0,005 - \varepsilon_y} \times 0,15 \quad (3.130)$$

$$\phi = 0,65 + \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_y}{0,005 - \varepsilon_y} \times 0,25 \quad (3.131)$$

Analisis nilai ϕ untuk komponen yang menggunakan tulangan spiral pada tulangan transversalnya menggunakan persamaan 3.126, sedangkan untuk komponen yang menggunakan tulangan non-spiral pada tulangan transversalnya menggunakan persamaan 3.127.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada proyek yang sedang berjalan di beberapa wilayah sebagai berikut.

1. Proyek A, berupa proyek bangunan gedung dengan jumlah lantai 18 di Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta.
2. Proyek B, berupa proyek bangunan gedung dengan jumlah lantai 3 di Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah.
3. Proyek C, berupa proyek bangunan gedung dengan jumlah lantai 4 di Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah.
4. Proyek D, berupa proyek bangunan gedung dengan jumlah lantai 10 di Kota Surakarta, Jawa Tengah.

4.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di lapangan pada proyek yang telah disebutkan sebelumnya dalam kurun waktu mulai dari Agustus 2023 sampai dengan Januari 2024.

4.3 Alat-Alat Yang Digunakan

Penelitian dilakukan dengan alat-alat untuk pengukuran dan pengumpulan data di lapangan sebagai berikut.

1. Jangka Sorong (Kaliper)
2. Meteran
3. Penggaris
4. Timbangan
5. Alat Tulis
6. Kamera

4.4 Model Atau Objek Bangunan

Model atau objek bangunan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bangunan gedung yang sedang pada tahap pelaksanaan dengan jumlah lantai lebih atau sama dengan 2 (dua).
2. Bangunan gedung yang sedang pada tahap pelaksanaan yang menggunakan struktur beton bertulang.

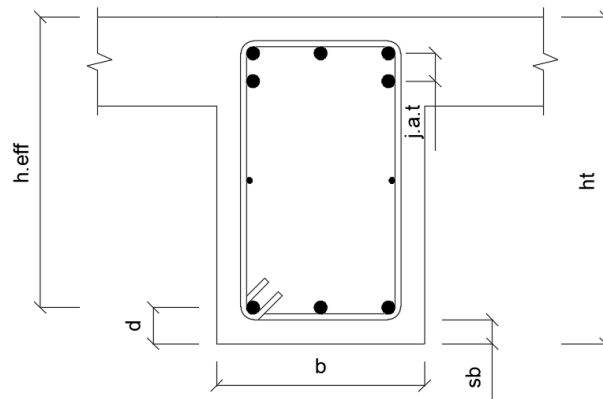
4.5 Metode Penelitian

Tahapan dalam dilakukannya penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

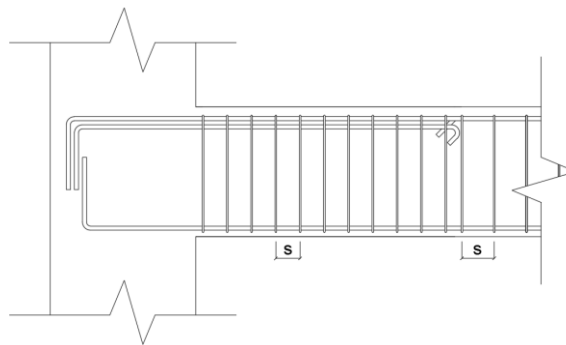
1. Pencarian lokasi proyek yang akan dijadikan objek dalam penelitian.
2. Mengumpulkan data berupa desain struktur (gambar struktur, gambar detail struktur, dan mutu rencana yang digunakan).
3. Menentukan bagian-bagian struktur yang akan diambil datanya.
4. Melakukan pengukuran dimensi struktur dan parameter-parameter lain di lapangan yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan.
5. Mengumpulkan data mutu beton dan mutu baja tulangan yang diperlukan dari lapangan dan laboratorium.
6. Menganalisis data yang diperoleh dari lapangan dan laboratorium menggunakan metode probabilitas *advanced first order, second-moment procedure* pada komponen struktur dari setiap proyek.

4.6 Data-Data

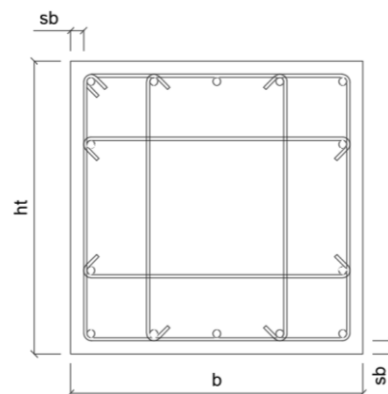
Data yang diperlukan yang diambil dari lapangan dan laboratorium meliputi gambar struktur, gambar detail struktur, dan hasil pengujian mutu dari beton dan baja tulangan.



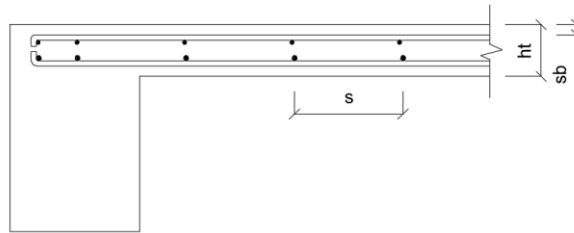
Gambar 4.1 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Lentur Pada Balok



Gambar 4.2 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Geser Pada Balok



Gambar 4.3 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Aksial dan ϕ Geser Pada Kolom



Gambar 4.4 Data Yang Diperlukan Untuk Mencari ϕ Lentur Pada Pelat

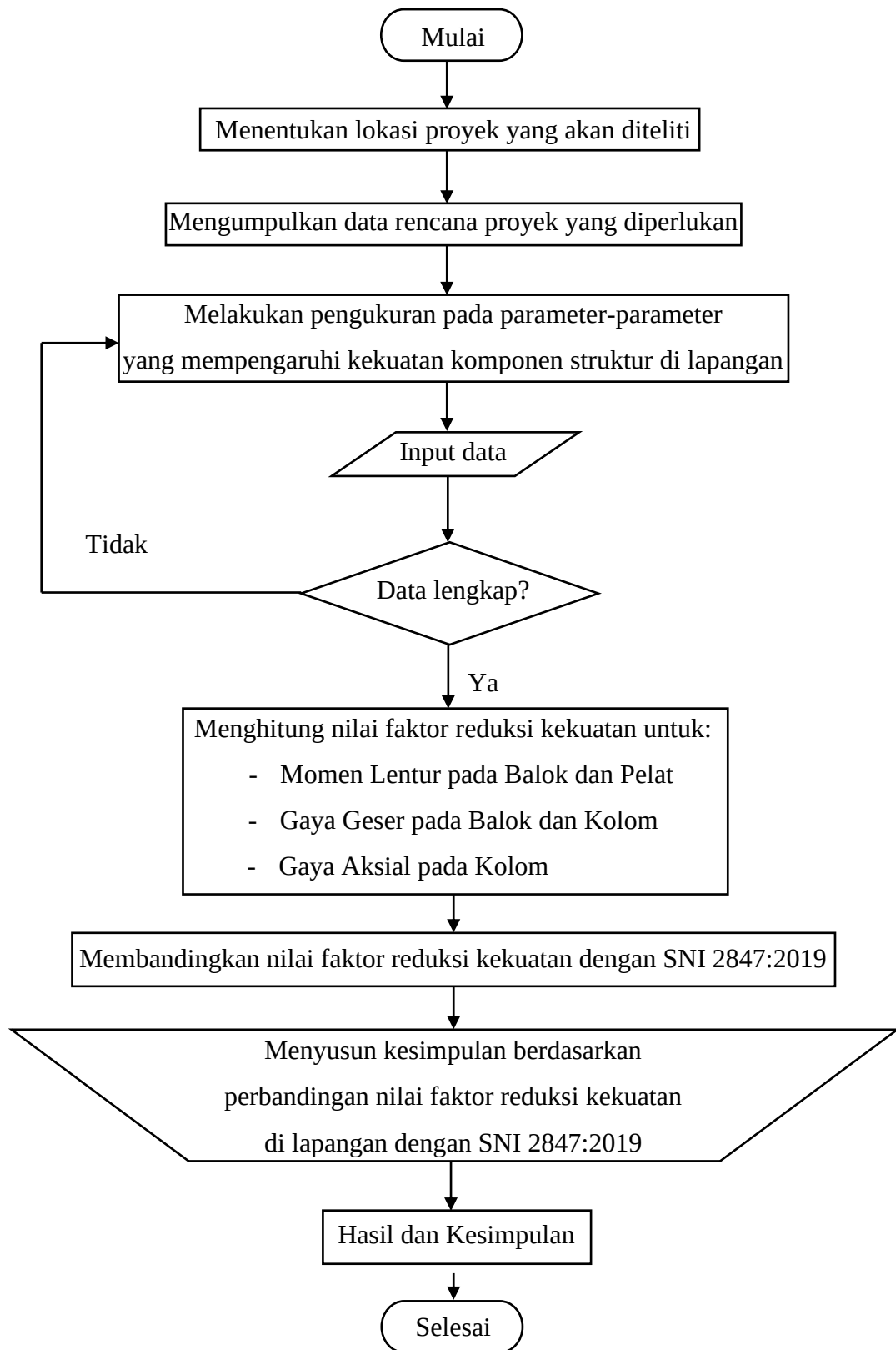
4.7 Metode Analisis

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari lapangan dan laboratorium dilakukan analisis dengan metode probabilitas *advanced first order, second-moment procedure* untuk menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok, gaya geser balok, gaya aksial kolom, gaya geser kolom, dan momen lentur pelat. Tahapan dalam analisis faktor reduksi kekuatan adalah sebagai berikut.

1. Menghitung kuat nominal (nilai yang direncanakan) dari setiap kekuatan komponen struktur.
2. Menghitung rerata dari setiap parameter yang mempengaruhi kekuatan komponen struktur.
3. Menghitung kuat penampang (nilai yang terjadi di lapangan) rerata dari setiap kekuatan komponen struktur.
4. Menghitung nilai perbandingan kekuatan penampang komponen rerata dengan kekuatan penampang rencana.
5. Menghitung nilai koefisien variasi untuk setiap parameter yang mempengaruhi kekuatan komponen struktur.
6. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur.
7. Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan.
8. Membandingkan hasil perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan dengan SNI.

4.8 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan metode penelitian yang telah dijelaskan, dapat dilihat dalam bentuk bagan sebagai berikut.



Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) dilakukan dengan menggunakan cara yang telah dikemukakan oleh Mac Gregor (1976). Dalam bab ini dilakukan contoh perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada Momen Lentur Balok, Gaya Geser Balok, Gaya Aksial Kolom, Gaya Geser Kolom, dan Momen Lentur Pelat.

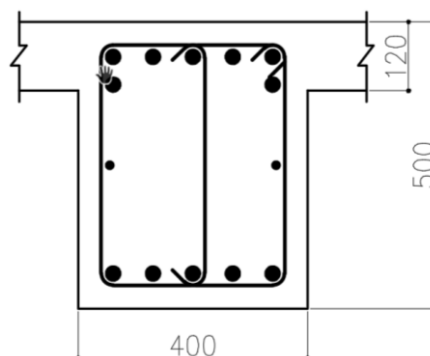
5.1 Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Balok

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) momen lentur dilakukan pada semua komponen struktur balok dari setiap proyek pada daerah tumpuan dan lapangan serta perhitungan dilakukan untuk momen negatif dan juga momen positif. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut.

5.1.1 Perhitungan Nilai Momen Rencana Balok ($R_{\text{lentur balok}}$) dan Nilai Momen Lapangan Balok ($\overline{R_{\text{lentur balok}}}$)

1. Perhitungan Nilai $M_{n\text{rencana}}$ Negatif

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, didapatkan data sebagai berikut.



Gambar 5.1 Detail Balok B1 Proyek A

b = 40 cm

$$h_t = 50 \text{ cm}$$

$$s_b = 4 \text{ cm}$$

$$d_p = 2,2 \text{ cm}$$

$$d_s = 1,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d &= s_b + d_s + d_p + (0,5 \times j.a.t) \\ &= 4 + 1,3 + 2,2 + (0,5 \times 2,5) \\ &= 8,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\ &= 4 + 1,3 + (0,5 \times 2,2) \\ &= 6,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{eff} &= h_t - d \\ &= 50 - 8,75 \\ &= 41,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$n_t = 7$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n_t \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_p^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \\ &= 26,6093 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$n' = 6$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n' \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_p^2 \\ &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \\ &= 22,8080 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ MPa} \\ &= 306 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y &= 420 \text{ MPa} \\ &= 4284 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

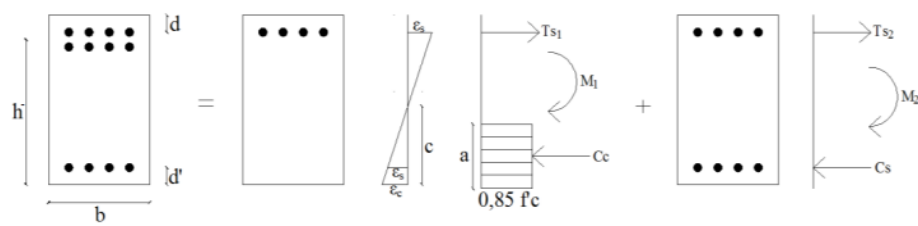
$$\varepsilon_c = 0,003$$

$$E_s = 2100000$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \times 0,05 \\ &= 0,85 - \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \times 0,05 \\ &= 0,8357 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_y &= \frac{fy}{Es} \\
 &= \frac{4284}{2100000} \\
 &= 0,00204
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan data rencana di atas, nilai Mn rencana dihitung sebagai berikut.



Gambar 5.2 Diagram Tegangan dan Regangan Balok

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton dengan Persamaan 3.61,

$$\begin{aligned}
 A_{st} \times fy &= 0,85 \times f'c \times a \times b + A_s' \times \frac{a - \beta_1 \times d'}{a} \times \varepsilon_c \times Es \\
 26,6093 \times 4284 &= 0,85 \times a \times 40 + 22,8080 \times \frac{a - 0,8357 \times 6,4}{a} \times 0,003 \times 2100000 \\
 10404 a^2 + 29695,9674 a - 768537,11 &= 0
 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua atau persamaan ABC, maka didapatkan nilai a sebesar 7,2853 cm.

Menghitung letak garis netral dengan Persamaan 3.38,

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,2853}{0,8357} = 8,7174 \text{ cm}$$

Kontrol regangan baja desak dengan Persamaan 3.39,

$$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \times \varepsilon_c = \frac{8,7174 - 6,4}{8,7174} \times 0,003 = 0,000797513 < \varepsilon_y \text{ (baja desak belum leleh)}$$

Karena baja desak belum leleh maka harus dihitung nilai fs dengan Persamaan 3.65 sebagai berikut.

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s = 0,000797513 \times 2100000 = 1674,7768 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung momen yang mampu dikerahkan dengan Persamaan 3.62 dan Persamaan 3.63 sebagai berikut,

$$M_1 = 0,85 \times f'c \times a \times b \times \left(h_{eff} - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \times 306 \times 7,3574 \times \left(41,25 - \frac{7,2853}{2}\right)$$

$$= 2850485,9531 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = A_s' \times f_s \times (h_{eff} - d')$$

$$= 22,8080 \times 1674,7768 \times (41,25 - 6,4)$$

$$= 1331208,9226 \text{ kgcm}$$

Menghitung total momen yang dapat dikerahkan dengan Persamaan 3.64 sebagai berikut,

$$R_{\text{lentur balok}} = M_n = M_1 + M_2$$

$$= 2850485,9531 + 1331208,9226$$

$$= 4181694,8757 \text{ kgcm}$$

$$= 41,8169 \text{ Ton.m}$$

2. Perhitungan Nilai $M_{n\text{lapangan}}$ Negatif

Untuk menghitung nilai M_n lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b , h_{eff} , d' , dan d_p adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 80 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 2 Tabel 1, Tabel 20, dan Tabel 23.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai lebar balok rata-rata,

$$\begin{aligned} \bar{b} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_{40}}{n} \\ &= \frac{40,9 + 39,7 + 39,9 + \dots + 39,9}{40} \\ &= 39,94 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi efektif balok rata-rata,

$$\begin{aligned} \overline{h_{eff}} &= \frac{h_{eff1} + h_{eff2} + h_{eff3} + \dots + h_{eff40}}{n} \\ &= \frac{42,89 + 42,27 + 43,45 + \dots + 42,36}{40} \\ &= 42,2517 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai jarak titik berat tulangan desak rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \bar{d}' &= \frac{d'1+d'2+d'3+...+d'40}{n} \\
 &= \frac{5,155+5,29+5,225+...+5,295}{40} \\
 &= 5,3629 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan pokok rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{dp} &= \frac{dp1+dp2+dp3+...+dp40}{n} \\
 &= \frac{2,21+2,18+2,15+...+2,19}{40} \\
 &= 2,1909 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{Ast} &= 7 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2) \\
 &= 7 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 2,1909^2) \\
 &= 26,3921 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \overline{As'} &= 6 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2) \\
 &= 6 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 2,1909^2) \\
 &= 22,6218 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\
 &= \frac{457,57+455,34+460,18}{3} \\
 &= 457,6967 \text{ MPa} \\
 &= 4668,506 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \bar{f}'_{cr} &= \frac{f'c1+f'c2+f'c3+...+f'c80}{n} \\
 &= \frac{363,54+375,08+386,63+...+566,892}{80} \\
 &= 394,2159 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 38,6386 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai β_1 ,

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \times 0,05 \\
&= 0,85 - \left(\frac{38,6386 - 28}{7} \right) \times 0,05 \\
&= 0,7739
\end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton dari data lapangan dengan Persamaan 3.61,

$$\begin{aligned}
\overline{A_s t} \times \overline{f_y} &= 0,85 \times \overline{f'_c} \times \overline{a} \times \overline{b} + \overline{A_s'} \times \frac{a - \beta_1 \times \overline{d'}}{a} \times \varepsilon_c \times E_s \\
26,3921 \times 4668,506 &= 0,85 \times 394,2160 \times a \times 39,94 + 22,6218 \times \frac{a - 0,7739 \times 5,3629}{a} \times \\
&0,003 \times 2100000 \\
13383,2377 a^2 + 19305,6441 a - 591519,8637 &= 0
\end{aligned}$$

Dari persamaan di atas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua atau persamaan ABC, maka didapatkan nilai $\overline{a}$ sebesar 6,6693 cm.

Menghitung letak garis netral dengan Persamaan 3.38,

$$\begin{aligned}
\overline{c} &= \frac{\overline{a}}{\beta_1} \\
&= \frac{6,6693}{0,7739} \\
&= 8,6173 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Menghitung regangan leleh baja,

$$\begin{aligned}
\varepsilon_y &= \frac{f_y}{E_s} \\
&= \frac{4668,506}{2100000} \\
&= 0,002223098
\end{aligned}$$

Kontrol regangan baja desak dengan Persamaan 3.39,

$$\begin{aligned}
\varepsilon_s' &= \frac{\overline{c} - \overline{d'}}{\overline{c}} \times \varepsilon_c \\
&= \frac{8,6173 - 5,3629}{8,6173} \times 0,003 \\
&= 0,001133004 < \varepsilon_y \text{ (baja desak belum leleh)}
\end{aligned}$$

Karena baja desak belum leleh maka perlu menghitung nilai f_s dengan Persamaan 3.65 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\overline{f_s} &= \varepsilon_s' \times E_s \\
&= 0,001133004 \times 2100000
\end{aligned}$$

$$= 2379,3091 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung momen yang mampu dikerahkan dengan Persamaan 3.62 dan Persamaan 3.63 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{M}_1 &= 0,85 \times \overline{f'_c} \times \overline{a} \times \overline{b} \times \left(\overline{h.eff} - \frac{\overline{a}}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 394,2160 \times 6,6693 \times 39,94 \times \left(42,2517 - \frac{6,6693}{2} \right) \\ &= 3473610,4837 \text{ kgcm} \\ \overline{M}_2 &= \overline{As'} \times \overline{f_s} \times (\overline{h.eff} - \overline{d'}) \\ &= 22,6218 \times 2379,3091 \times (42,2517 - 5,3629) \\ &= 1985512,9288 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

Menghitung total momen yang dapat dikerahkan dengan Persamaan 3.64 sebagai berikut,

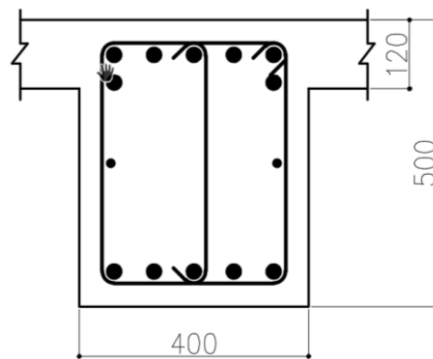
$$\begin{aligned}\overline{Mn} &= \overline{M}_1 + \overline{M}_2 \\ &= 3473610,4837 + 1985512,9288 \\ &= 5459123,4125 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

Nilai $\overline{Mn}$ dikoreksi dengan faktor penyederhanaan asumsi (P) sesuai dengan yang terdapat pada Tabel 3.3 kemudian dihitung dengan Persamaan 3.66 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\overline{R_{lentur\ balok}} &= \overline{Mn} \times \overline{P} \text{ lentur} \\ &= 5459123,4125 \times 1,06 \\ &= 5786670,8172 \text{ kgcm} \\ &= 57,8667 \text{ Ton.m}\end{aligned}$$

3. Perhitungan Nilai $Mn_{rencana}$ Positif

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, didapatkan data sebagai berikut.



Gambar 5.1 Detail Balok B1 Proyek A

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h_t = 50 \text{ cm}$$

$$s_b = 4 \text{ cm}$$

$$d_p = 2,2 \text{ cm}$$

$$d_s = 1,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d &= s_b + d_s + d_p + (0,5 \times j.a.t) \\ &= 4 + 1,3 + 2,2 + (0,5 \times 2,5) \\ &= 8,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\ &= 4 + 1,3 + (0,5 \times 2,2) \\ &= 6,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{eff} &= h_t - d' \\ &= 50 - 6,4 \\ &= 43,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$n_t = 7$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n_t \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_p^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \\ &= 26,6093 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$n' = 6$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n' \times \frac{1}{4} \times \pi \times d_p^2 \\ &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \\ &= 22,8080 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$= 306 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$= 4284 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 0,003$$

$$E_s = 21000000$$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \times 0,05$$

$$= 0,85 - \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \times 0,05$$

$$= 0,8357$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{4284}{21000000}$$

$$= 0,00204$$

Dengan menggunakan data rencana di atas, nilai M_n rencana dihitung sebagai berikut.

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton dengan Persamaan 3.61,

$$A_s' \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + A_{st} \times \frac{a - \beta_1 \times d}{a} \times \varepsilon_c \times E_s$$

$$26,6093 \times 4284 = 0,85 \times a \times 40 + 22,8080 \times \frac{a - 0,8357 \cdot 8,75}{a} \times 0,003 \times 21000000$$

$$10404 a^2 + 69929,2135 a - 1225856,7184 = 0$$

Dari persamaan di atas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua atau persamaan ABC, maka didapatkan nilai a sebesar 8,0024 cm.

Menghitung letak garis netral dengan Persamaan 3.38,

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8,0024}{0,8357} = 9,5755 \text{ cm}$$

Kontrol regangan baja desak dengan Persamaan 3.39,

$$\varepsilon_s = \frac{c - d}{c} \times \varepsilon_c = \frac{9,5755 - 8,75}{9,5755} \times 0,003 = 0,000258634 < \varepsilon_y \text{ (baja belum leleh)}$$

Karena baja belum leleh maka perlu dihitung nilai f_s dengan Persamaan 3.65 sebagai berikut,

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s = 0,000258634 \times 21000000 = 543,1321 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung momen yang mampu dikerahkan dengan Persamaan 3.62 dan Persamaan 3.63 sebagai berikut,

$$\begin{aligned} M_1 &= 0,85 \times f_c \times a \times b \times \left(h_{eff} - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 306 \times 8,0024 \times \left(43,26 - \frac{8,0024}{2} \right) \\ &= 3296875,4714 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= A_s' \times f_s \times (h_{eff} - d) \\ &= 22,8080 \times 543,1321 \times (43,6 - 8,75) \\ &= 503664,7381 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Menghitung total momen yang dapat dikerahkan dengan Persamaan 3.64 sebagai berikut,

$$\begin{aligned} R_{\text{lentur balok}} = M_n &= M_1 + M_2 \\ &= 3296875,4714 + 503664,7381 \\ &= 3800540,2095 \text{ kgcm} \\ &= 38,0054 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Nilai $M_{n\text{lapangan}}$ Positif

Untuk menghitung nilai M_n lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b , h_{eff} , d , dan d_p adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 80 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 2 Tabel 1, Tabel 20, dan Tabel 23.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai lebar balok rata-rata,

$$\begin{aligned} \bar{b} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_{40}}{n} \\ &= \frac{40,9 + 39,7 + 39,9 + \dots + 39,9}{40} \\ &= 39,94 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi efektif balok rata-rata,

$$\overline{h_{eff}} = \frac{h_{eff1} + h_{eff2} + h_{eff3} + \dots + h_{eff40}}{n}$$

$$= \frac{45,245+44,61+45,775+\dots+44,705}{40}$$

$$= 44,5952 \text{ cm}$$

Menghitung nilai jarak titik berat tulangan desak rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{d} &= \frac{d1+d2+d3+\dots+d40}{n} \\ &= \frac{7,51+7,63+7,55+\dots+7,64}{40} \\ &= 7,7083 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan pokok rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{dp} &= \frac{dp1+dp2+dp3+\dots+dp40}{n} \\ &= \frac{2,21+2,18+2,15+\dots+2,19}{40} \\ &= 2,1909 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{Ast} &= 7 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2) \\ &= 7 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 2,1909^2) \\ &= 26,3921 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\overline{As'} &= 6 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2) \\ &= 6 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 2,1909^2) \\ &= 22,6218 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\ &= \frac{457,57+455,34+460,18}{3} \\ &= 457,6967 \text{ MPa} \\ &= 4668,506 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+\dots+f'_{c80}}{n} \\ &= \frac{363,54+375,08+386,63+\dots+566,892}{80}\end{aligned}$$

$$= 394,2159 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 38,6486 \text{ MPa}$$

Menghitung nilai β_1 ,

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \times 0,05 \\ &= 0,85 - \left(\frac{38,6386 - 28}{7} \right) \times 0,05 \\ &= 0,7739\end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton dari data lapangan dengan Persamaan 3.61,

$$\begin{aligned}\overline{As'} \times \overline{f_y} &= 0,85 \times \overline{f'_c} \times \overline{a} \times \overline{b} + \overline{Ast} \times \frac{a - \beta_1 \times \overline{d}}{a} \times \varepsilon_c \times E_s \\ 22,6218 \times 4668,506 &= 0,85 \times 394,2160 \times a \times 39,94 + 26,3921 \times \frac{a - 0,7739 \times 7,7083}{a} \times \\ &0,003 \times 2100000 \\ 13383,2377 a^2 + 60660,1621 a - 991925,5606 &= 0\end{aligned}$$

Dari persamaan di atas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua atau persamaan ABC, maka didapatkan nilai $\overline{a}$ sebesar 6,6361 cm.

Menghitung letak garis netral dengan Persamaan 3.38,

$$\begin{aligned}\overline{c} &= \frac{\overline{a}}{\beta_1} \\ &= \frac{6,6361}{0,7739} \\ &= 8,5745 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung regangan leleh baja,

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= \frac{f_y}{E_s} \\ &= \frac{4668,506}{2100000} \\ &= 0,002223098\end{aligned}$$

Kontrol regangan baja desak dengan Persamaan 3.39,

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \frac{\overline{c} - \overline{d}}{\overline{c}} \times \varepsilon_c \\ &= \frac{8,5745 - 6,6361}{8,5745} \times 0,003 \\ &= 0,000303064 < \varepsilon_y \text{ (baja desak belum leleh)}\end{aligned}$$

Karena baja desak belum leleh maka perlu menghitung nilai f_s dengan Persamaan 3.65 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\overline{f_s} &= \varepsilon_s \times E_s \\ &= 0,000303064 \times 2100000 \\ &= 636,4351 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Menghitung momen yang mampu dikerahkan dengan Persamaan 3.62 dan Persamaan 3.63 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{M_1} &= 0,85 \times \overline{f'_c} \times \overline{a} \times \overline{b} \times \left(\overline{h.eff} - \frac{\overline{a}}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 394,2160 \times 6,6361 \times 39,94 \times \left(44,5972 - \frac{6,6361}{2} \right) \\ &= 3666121,5443 \text{ kgcm} \\ \overline{M_2} &= \overline{A_{st}} \times \overline{f_s} \times \left(\overline{h.eff} - \overline{d'} \right) \\ &= 26,3921 \times 636,4351 \times (44,5972 - 6,6361) \\ &= 619616,1553 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

Menghitung total momen yang dapat dikerahkan dengan Persamaan 3.64 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{M_n} &= \overline{M_1} + \overline{M_2} \\ &= 3666121,5443 + 619616,1553 \\ &= 4285737,6996 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

Nilai $\overline{M_n}$ dikoreksi dengan faktor penyederhanaan asumsi (P) sesuai dengan yang terdapat pada Tabel 3.3 kemudian dihitung dengan Persamaan 3.66 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\overline{R_{lentur \text{ balok}}} &= \overline{M_n} \times \overline{P} \text{ lentur} \\ &= 4285737,6996 \times 1,06 \\ &= 4542881,9616 \text{ kgcm} \\ &= 45,4288 \text{ Ton.m}\end{aligned}$$

5.1.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Penampang Rata-rata dengan Kekuatan Penampang Rencana Momen Lentur Balok (γ_R lentur balok)

Berdasarkan hasil perhitungan M_n rencana dan M_n lapangan maka nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekuatan penampang rencana dihitung dengan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

1. Perbandingan Momen Lentur Balok Negatif

$$\begin{aligned}\gamma_R \text{ lentur balok} &= \frac{R_{\text{lentur balok}}}{R_{\text{lentur balok}}} \\ &= \frac{5786670,8172}{4181694,8757} \\ &= 1,3838\end{aligned}$$

2. Perbandingan Momen Lentur Balok Positif

$$\begin{aligned}\gamma_R \text{ lentur balok} &= \frac{R_{\text{lentur balok}}}{R_{\text{lentur balok}}} \\ &= \frac{4542881,9616}{3800540,2095} \\ &= 1,1953\end{aligned}$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur balok (γ_R lentur balok) untuk momen negatif didapat sebesar 1,3838 dan untuk momen positif didapat sebesar 1,1953, hal tersebut disebabkan nilai mutu beton dan baja tulangan yang dipakai di lapangan lebih tinggi dibandingkan dengan mutu rencana. Dimana untuk mutu beton sebesar 38,6486 MPa, sedangkan untuk mutu rencana sebesar 30 MPa. Untuk mutu baja tulangan sebesar 457,6967 MPa, sedangkan untuk mutu rencananya sebesar 420 MPa. Hal tersebut menjadikan kekuatan di lapangan yang ada dapat melebihi kekuatan yang telah direncanakan.

5.1.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi untuk Momen Nominal (V_{Mn})

Koefisien variasi merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam. Dengan data yang semakin seragam maka selisih antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana juga semakin sedikit yang akan menjadikan nilai ϕ semakin tinggi. Sedangkan apabila nilai koefisien variasi semakin besar maka menunjukkan bahwa data tersebut semakin tidak seragam yang

akan menjadikan nilai ϕ semakin rendah. Perhitungan nilai koefisien variasi $f'c$, f_y , b , h_{eff} , dan d' menggunakan Persamaan 3.28 dan 3.29, sedangkan untuk koefisien variasi A_{st} menggunakan Persamaan 3.69.a dan 3.69.b, kemudian untuk koefisien variasi $A_{s'}$ menggunakan Persamaan 3.70.a dan 3.70.b sebagai berikut.

1. Koefisien Variasi Momen Negatif

a. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned} V_{f'c} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'cr^2 - (\sum f'cr)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f'cr}} \\ &= \frac{48,4039}{394,2159} \\ &= 0,1228 \end{aligned}$$

b. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned} V_{f_y} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f_y^2 - (\sum f_y)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f_y}} \\ &= \frac{2,4225}{457,6967} \\ &= 0,0053 \end{aligned}$$

c. Koefisien variasi lebar balok terpasang

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum b^2 - (\sum b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} \\ &= \frac{0,3808}{39,94} \\ &= 0,0095 \end{aligned}$$

d. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$\begin{aligned} V_{h_{eff}} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h_{eff}^2 - (\sum h_{eff})^2}{n(n-1)}}}{\bar{h_{eff}}} \\ &= \frac{0,3651}{42,2517} \\ &= 0,0086 \end{aligned}$$

e. Koefisien variasi jarak titik berat tulangan desak ke tepi atas terpasang

$$\begin{aligned}
 V_{d'} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum d'^2 - (\sum d')^2}{n(n-1)}}}{\bar{d}'} \\
 &= \frac{0,1069}{5,3629} \\
 &= 0,0199
 \end{aligned}$$

f. Koefisien variasi luas tulangan tarik terukur

$$\begin{aligned}
 V_{Astd} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum Ast^2 - (\sum Ast)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Ast}} \\
 &= \frac{0,5184}{26,3921} \\
 &= 0,0196 \\
 V_{Ast} &= \sqrt{V_{Astd}^2 + V_{Asp}^2} \\
 &= \sqrt{0,0196^2 + 0,03^2} \\
 &= 0,0359
 \end{aligned}$$

g. Koefisien variasi luas tulangan desak terukur

$$\begin{aligned}
 V_{As'd} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum As'^2 - (\sum As')^2}{n(n-1)}}}{\bar{As'}} \\
 &= \frac{0,4444}{22,6218} \\
 &= 0,0196 \\
 V_{As'} &= \sqrt{V_{As'd}^2 + V_{Asp}^2} \\
 &= \sqrt{0,0196^2 + 0,03^2} \\
 &= 0,0359
 \end{aligned}$$

h. Koefisien variasi $(h - a/2)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $(h - a/2)$ perlu menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut terlebih dahulu yaitu (h_{eff}) dan $(a/2)$, karena $(h - a/2)$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan $(a/2)$. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Menghitung nilai koefisien variasi ($a/2$) dengan menggunakan Persamaan 3.36 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{a/2} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{As'}^2 + V_b^2 + V_{d'}^2} \\
 &= \\
 &= \sqrt{0,1228^2 + 0,0053^2 + 0,0359^2 + 0,0359^2 + 0,0095^2 + 0,0199^2} \\
 &= 0,1348
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari $a/2$ menggunakan Persamaan 3.74 dan nilai standar deviasi dari h_{eff} menggunakan Persamaan 3.77 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{a/2} &= \left(\frac{\bar{a}}{2}\right) \times V_{a/2} \\
 &= \left(\frac{6,6693}{2}\right) \times 0,1348 \\
 &= 0,4494 \\
 \sigma_{h_{eff}} &= \overline{h_{eff}} \times V_{h_{eff}} \\
 &= 42,2517 \times 0,0086 \\
 &= 0,3651
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan ($a/2$), standar deviasi dari ($h - a/2$) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.75 dan nilai koefisien variasi dari ($h - a/2$) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.76 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{h-a/2} &= \sqrt{\sigma_{h_{eff}}^2 + \sigma_{a/2}^2} \\
 &= \sqrt{0,3651^2 + 0,4494^2} \\
 &= 0,5791 \\
 V_{h-a/2} &= \frac{\sigma_{h-a/2}}{\left(\overline{h_{eff}} - \frac{\bar{a}}{2}\right)} \\
 &= \frac{0,5791}{\left(42,2517 - \frac{6,6693}{2}\right)} \\
 &= 0,0149
 \end{aligned}$$

- i. Koefisien variasi ($h - d'$) terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi ($h - d'$) perlu menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut terlebih dahulu yaitu (h_{eff}) dan (d'), karena ($h - d'$) merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan (d') menggunakan Persamaan 3.77 dan 3.78 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{h_{eff}} &= \overline{h_{eff}} \times V_{h_{eff}} \\ &= 42,2517 \times 0,0086 \\ &= 0,3651 \\ \sigma_{d'} &= \overline{d'} \times V_{d'} \\ &= 5,2629 \times 0,0199 \\ &= 0,1069\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan (d'), nilai standar deviasi dari ($h - d'$) dapat dihitung dengan Persamaan 3.79, dan nilai koefisien variasi dari ($h - d'$) dihitung dengan Persamaan 3.80 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{h-d'} &= \sqrt{\sigma_{h_{eff}}^2 + \sigma_{d'}^2} \\ &= \sqrt{0,3651^2 + 0,1069^2} \\ &= 0,3805 \\ V_{h-d'} &= \frac{\sigma_{h-d'}}{(\overline{h_{eff}} - \overline{d'})} \\ &= \frac{0,3805}{(42,2517 - 5,3629)} \\ &= 0,0103\end{aligned}$$

j. Koefisien variasi momen nominal tulangan sebelah

Untuk menghitung nilai koefisien variasi M_1 digunakan Persamaan 3.36 dengan menggunakan nilai koefisien variasi yang mempengaruhi nilai M_1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}V_{M_1} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_{\left(h-\frac{a}{2}\right)}^2} \\ &= \sqrt{0,1228^2 + 0,0095^2 + 0,0149^2} \\ &= 0,1241\end{aligned}$$

k. Koefisien variasi momen nominal tulangan kembar

Untuk menghitung nilai koefisien variasi M_2 digunakan Persamaan 3.36 dengan menggunakan nilai koefisien variasi yang mempengaruhi nilai M_2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_{M_2} &= \sqrt{V_{As'}^2 + V_{fy}^2 + V_{(h-d')}^2} \\ &= \sqrt{0,0359^2 + 0,0053^2 + 0,0103^2} \\ &= 0,0377 \end{aligned}$$

l. Koefisien variasi momen nominal total

Menghitung nilai standar deviasi dari M_1 dan M_2 menggunakan Persamaan 3.82 dan 3.83 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sigma_{M_1} &= \overline{M_1} \times V_{M_1} \\ &= 3473610,4837 \times 0,1241 \\ &= 430903,0929 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{M_2} &= \overline{M_2} \times V_{M_2} \\ &= 1985512,9288 \times 0,0377 \\ &= 74826,6424 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari M_1 dan M_2 , maka nilai standar deviasi dari M_n dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.84 dan nilai koefisien variasi dari M_n dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sigma_{Mn} &= \sqrt{\sigma_{M_1}^2 + \sigma_{M_2}^2} \\ &= \sqrt{430903,0929^2 + 74826,6424^2} \\ &= 437351,6913 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{Mn} &= \frac{\sigma_{Mn}}{\overline{Mn}} \\ &= \frac{437351,6913}{5786670,8172} \\ &= 0,0756 \end{aligned}$$

2. Koefisien Variasi Momen Positif

a. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fc} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'cr^2 - (\sum f'cr)^2}{n(n-1)}}}{f'cr} \\
 &= \frac{48,4039}{394,2159} \\
 &= 0,1228
 \end{aligned}$$

b. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fy} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum fy^2 - (\sum fy)^2}{n(n-1)}}}{\bar{fy}} \\
 &= \frac{2,4225}{457,6967} \\
 &= 0,0053
 \end{aligned}$$

c. Koefisien variasi lebar balok terpasang

$$\begin{aligned}
 V_b &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum b^2 - (\sum b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} \\
 &= \frac{0,3808}{39,94} \\
 &= 0,0095
 \end{aligned}$$

d. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$\begin{aligned}
 V_{h,eff} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h,eff^2 - (\sum h,eff)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h,eff}} \\
 &= \frac{0,3644}{44,5972} \\
 &= 0,0082
 \end{aligned}$$

e. Koefisien variasi jarak titik berat tulangan desak ke tepi atas terpasang

$$\begin{aligned}
 V_d &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum d^2 - (\sum d)^2}{n(n-1)}}}{\bar{d}} \\
 &= \frac{0,1094}{7,7083} \\
 &= 0,0142
 \end{aligned}$$

f. Koefisien variasi luas tulangan tarik terukur

$$V_{Astd} = \frac{\sqrt{\frac{n \sum Ast^2 - (\sum Ast)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Ast}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,5184}{26,3921} \\
&= 0,0196 \\
V_{Ast} &= \sqrt{V_{Ast'd}^2 + V_{Asp}^2} \\
&= \sqrt{0,0196^2 + 0,03^2} \\
&= 0,0359
\end{aligned}$$

g. Koefisien variasi luas tulangan desak terukur

$$\begin{aligned}
V_{As'd} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum As'^2 - (\sum As')^2}{n(n-1)}}}{\overline{As'}} \\
&= \frac{0,4444}{22,6218} \\
&= 0,0196 \\
V_{As'} &= \sqrt{V_{As'd}^2 + V_{Asp}^2} \\
&= \sqrt{0,0196^2 + 0,03^2} \\
&= 0,0359
\end{aligned}$$

h. Koefisien variasi $(h - a/2)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $(h - a/2)$ perlu menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut terlebih dahulu yaitu (h_{eff}) dan $(a/2)$, karena $(h - a/2)$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan $(a/2)$. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Menghitung nilai koefisien variasi $(a/2)$ dengan menggunakan Persamaan 3.36 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
V_{a/2} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{As'}^2 + V_b^2 + V_d^2} \\
&= \\
&= \sqrt{0,1228^2 + 0,0053^2 + 0,0359^2 + 0,0359^2 + 0,0095^2 + 0,0142^2} \\
&= 0,1340
\end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari $a/2$ menggunakan Persamaan 3.74 dan nilai standar deviasi dari h_{eff} menggunakan Persamaan 3.77 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{a/2} &= \left(\frac{\bar{a}}{2}\right) \times V_{a/2} \\ &= \left(\frac{6,6361}{2}\right) \times 0,1340 \\ &= 0,4448\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h_{eff}} &= \overline{h_{eff}} \times V_{h_{eff}} \\ &= 44,5972 \times 0,0082 \\ &= 0,3644\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan $(a/2)$, standar deviasi dari $(h - a/2)$ dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.75 dan nilai koefisien variasi dari $(h - a/2)$ dapat dihitung menggunakan persamaan 3.76 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{h-a/2} &= \sqrt{\sigma_{h_{eff}}^2 + \sigma_{a/2}^2} \\ &= \sqrt{0,3644^2 + 0,4448^2} \\ &= 0,5750\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{h-a/2} &= \frac{\sigma_{h-a/2}}{\left(\overline{h_{eff}} - \frac{\bar{a}}{2}\right)} \\ &= \frac{0,5750}{\left(44,5972 - \frac{6,6361}{2}\right)} \\ &= 0,0139\end{aligned}$$

i. Koefisien variasi $(h - d)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $(h - d)$ perlu menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut terlebih dahulu yaitu (h_{eff}) dan (d) , karena $(h - d)$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan (d) menggunakan Persamaan 3.77 dan 3.78 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{h_{eff}} &= \overline{h_{eff}} \times V_{h_{eff}} \\ &= 44,5972 \times 0,0082 \\ &= 0,3644\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_d &= \bar{d} \times V_d \\
&= 7,7083 \times 0,0142 \\
&= 0,1094
\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari (h.eff) dan (d), nilai standar deviasi dari (h – d) dapat dihitung dengan Persamaan 3.79, dan nilai koefisien variasi dari (h – d) dihitung dengan Persamaan 3.80 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\sigma_{h-d} &= \sqrt{\sigma_{h.eff}^2 + \sigma_d^2} \\
&= \sqrt{0,3644^2 + 0,1094^2} \\
&= 0,3805 \\
V_{h-d} &= \frac{\sigma_{h-d}}{(h.eff-d)} \\
&= \frac{0,3805}{(44,5972-7,7083)} \\
&= 0,0103
\end{aligned}$$

j. Koefisien variasi momen nominal tulangan sebelah

Untuk menghitung nilai koefisien variasi M_1 digunakan Persamaan 3.36 dengan menggunakan nilai koefisien variasi yang mempengaruhi nilai M_1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
V_{M_1} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_{\left(h-\frac{a}{2}\right)}^2} \\
&= \sqrt{0,1228^2 + 0,0095^2 + 0,0139^2} \\
&= 0,1239
\end{aligned}$$

k. Koefisien variasi momen nominal tulangan kembar

Untuk menghitung nilai koefisien variasi M_2 digunakan Persamaan 3.36 dengan menggunakan nilai koefisien variasi yang mempengaruhi nilai M_2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
V_{M_2} &= \sqrt{V_{Ast}^2 + V_{fy}^2 + V_{(h-d)}^2} \\
&= \sqrt{0,0359^2 + 0,0053^2 + 0,0103^2} \\
&= 0,0377
\end{aligned}$$

l. Koefisien variasi momen nominal total

Menghitung nilai standar deviasi dari M_1 dan M_2 menggunakan Persamaan 3.82 dan 3.83 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{M_1} &= \overline{M_1} \times V_{M_1} \\ &= 3666121,5443 \times 0,1239 \\ &= 454379,7809\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{M_2} &= \overline{M_2} \times V_{M_2} \\ &= 619616,1553 \times 0,0377 \\ &= 23351,2035\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari M_1 dan M_2 , maka nilai standar deviasi dari M_n dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.84 dan nilai koefisien variasi dari M_n dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sigma_{Mn} &= \sqrt{\sigma_{M_1}^2 + \sigma_{M_2}^2} \\ &= \sqrt{454379,7809^2 + 23351,2035^2} \\ &= 454979,4105\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Mn} &= \frac{\sigma_{Mn}}{\overline{Mn}} \\ &= \frac{454979,4105}{4542881,9616} \\ &= 0,1002\end{aligned}$$

5.1.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur Momen Lentur Balok ($V_{R \text{ lentur balok}}$)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok ($V_{R \text{ lentur balok}}$) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36 yang dikombinasikan dengan nilai V_P , dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3 yang disesuaikan dengan gaya dalam yang diperhitungkan.

1. Koefisien Variasi Momen Negatif

$$\begin{aligned}V_{R \text{ lentur balok}} &= \sqrt{V_{Mn}^2 + V_P^2} \\ &= \sqrt{0,0756^2 + 0,04^2} \\ &= 0,0855\end{aligned}$$

2. Koefisien Variasi Momen Positif

$$\begin{aligned} V_{R \text{ lentur balok}} &= \sqrt{V_{Mn}^2 + V_P^2} \\ &= \sqrt{0,1002^2 + 0,04^2} \\ &= 0,1078 \end{aligned}$$

Untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok ($V_{R \text{ lentur balok}}$) didapatkan nilai yang relatif rendah untuk momen negatif yaitu sebesar 0,0855, sedangkan untuk momen positif sebesar 0,1078. Hal tersebut menunjukkan data yang ada dan didapatkan di lapangan relatif seragam sehingga nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok ($V_{R \text{ lentur balok}}$) menjadi rendah.

5.1.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Balok

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, perhitungan nilai ϕ dapat dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan 3.21, dimana nilai β (ukuran kehandalan bagian struktur) adalah 3,5 untuk perhitungan momen lentur dan α yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,75.

1. Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Momen Negatif

$$\begin{aligned} \phi &= \gamma_{R \text{ lentur balok}} \times [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ lentur balok}}}] \\ &= 1,3838 \times [e^{-(3,5 \times 0,75 \times 0,0855)}] \\ &= 1,1056 \end{aligned}$$

2. Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Momen Positif

$$\begin{aligned} \phi &= \gamma_{R \text{ lentur balok}} \times [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ lentur balok}}}] \\ &= 1,1953 \times [e^{-(3,5 \times 0,75 \times 0,1078)}] \\ &= 0,9006 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ pada momen lentur balok didapatkan sebesar 1,1056 untuk momen negatif dan 0,9006 untuk momen positif. Nilai tersebut menunjukkan bahwa balok B1 pada daerah tumpuan pada Proyek A masih berada dalam batas aman SNI 2019, dimana batas aman nilai ϕ untuk momen lentur

adalah 0,65 – 0,90. Dengan hasil perhitungan nilai ϕ tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan di lapangan pada Proyek A mulai dari penentuan dimensi balok, penempatan tulangan, pemasangan jumlah tulangan, penggunaan diameter tulangan, dan mutu bahan yang digunakan tidak berbeda jauh dengan yang telah direncanakan.

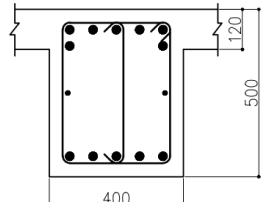
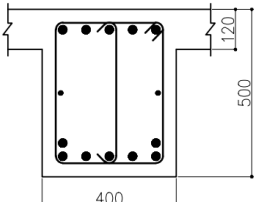
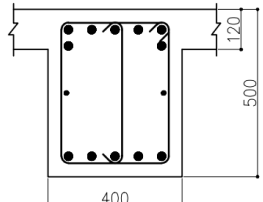
5.2 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Balok

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) gaya geser dilakukan pada semua komponen struktur balok dari setiap proyek pada daerah tumpuan dan daerah lapangan. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut.

5.2.1 Menghitung Nilai Kekuatan Geser Balok Rencana ($R_{geser \text{ balok}}$) dan Kekuatan Geser Balok Lapangan ($\overline{R_{geser \text{ balok}}}$)

1. Kekuatan Geser Balok Rencana

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, perhitungan kekuatan geser balok rencana dilakukan sebagai berikut.

BALOK B1 (400 x 500) (mm)		
TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
		
7D22	5D22	7D22
2D10	2D10	2D10
5D22	7D22	5D22
1 1/2 D13-100	1 1/2 D13-200	1 1/2 D13-100

Gambar 5.3 Detail Balok B1 Proyek A

- $b = 40 \text{ cm}$
 $= 400 \text{ mm}$
 $h_t = 50 \text{ cm}$
 $s_b = 4 \text{ cm}$
 $d_p = 2,2 \text{ cm}$

$$d_s = 1,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d &= s_b + d_s + d_p + (0,5 \times j.a.t) \\ &= 4 + 1,3 + 2,2 + (0,5 \times 2,5) \\ &= 8,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\ &= 4 + 1,3 + (0,5 \times 2,2) \\ &= 6,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{eff} &= h_t - d \\ &= 50 - 8,75 \\ &= 41,25 \text{ cm} \\ &= 412,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$n_v = 3$$

$$\begin{aligned} A_{sv} &= n_v \times (\frac{1}{4} \times \pi \times d_s^2) \\ &= 3 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 1,3^2) \\ &= 3,981969 \text{ cm}^2 \\ &= 398,1969 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 10 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y &= 420 \text{ MPa} \\ &= 4284 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ MPa} \\ &= 306 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser balok rencana menggunakan Persamaan 3.85, 3.86, dan 3.87 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_{geser \text{ balok}} = V_n &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times h_{eff} + \frac{A_{sv} \times f_y \times h_{eff}}{s} \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 412,5 + \frac{398,1969 \times 4284 \times 412,5}{100} \\ &= 840499,7786 \text{ N} \\ &= 85,6779 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Kekuatan Geser Balok Lapangan

Untuk menghitung nilai kekuatan geser balok lapangan digunakan data yang telah diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang kemudian data yang didapat tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b , h_{eff} , S , dan d_s adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 80 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 2 Tabel 1, Tabel 20, dan Tabel 23.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai lebar balok rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{b} &= \frac{b_1+b_2+b_3+\dots+b_{40}}{n} \\ &= \frac{40,9+39,7+39,9+\dots+39,9}{40} \\ &= 39,94 \text{ cm} \\ &= 399,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi efektif balok rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{h_{eff}} &= \frac{h_{eff1}+h_{eff2}+h_{eff3}+\dots+h_{eff40}}{n} \\ &= \frac{42,89+42,27+43,45+\dots+42,36}{40} \\ &= 42,2517 \text{ cm} \\ &= 422,517 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai jarak tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \frac{S_1+S_2+S_3+\dots+S_{40}}{n} \\ &= \frac{10+10,1+9,9+\dots+10}{40} \\ &= 9,995 \text{ cm} \\ &= 99,95 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{d_s} &= \frac{d_{s1}+d_{s2}+d_{s3}+\dots+d_{s40}}{n} \\ &= \frac{1,15+1,2+1,25+\dots+1,3}{40} \\ &= 1,2724 \text{ cm} \\ &= 12,724 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{Asv} &= 3 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{ds}^2) \\ &= 3 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 12,724^2) \\ &= 382,1167 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\ &= \frac{491,14+473,02+480,75}{3} \\ &= 481,6367 \text{ MPa} \\ &= 4912,694 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+...+f'_{c80}}{n} \\ &= \frac{363,54+375,08+386,63+...+566,892}{80} \\ &= 394,2159 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 38,6486 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.86 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{Vc} &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times \overline{b} \times \overline{h.eff} \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{38,6486} \times 399,4 \times 422,517 \\ &= 175026,0708 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh baja tulangan sengkang menggunakan Persamaan 3.87 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{Vs} &= \frac{\overline{Asv} \times \overline{fy} \times \overline{h.eff}}{\overline{s}} \\ &= \frac{382,1167 \times 481,6367 \times 422,517}{99,95} \\ &= 777995,1644 \text{ N}\end{aligned}$$

Koreksi terhadap kekuatan geser penampang struktur dihitung menggunakan Persamaan 3.88 dengan nilai P (Tabel 3.3) sesuai dengan jenis gayanya sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{R_{geser\ balok}} &= (\overline{Vc} \times \bar{P}_{geser\ beton}) + (\overline{Vs} \times \bar{P}_{geser\ baja\ tulangan}) \\ &= (175026,0708 \times 1,1) + (777995,1644 \times 1,2) \\ &= 1126122,875\text{ N} \\ &= 114,7934\text{ Ton}\end{aligned}$$

5.2.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Geser Balok Lapangan dengan Kekuatan Geser Balok Rencana ($\gamma_{R\ geser\ balok}$)

Berdasarkan hasil perhitungan kekuatan geser balok rencana (V_n) dan kekuatan geser balok lapangan ($\overline{V_n}$), perhitungan dilanjutkan dengan menghitung perbandingan kekuatan penampang lapangan rata-rata dengan kekuatan penampang rencana menggunakan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\gamma_{R\ geser\ balok} &= \frac{\overline{R_{geser\ balok}}}{R_{geser\ balok}} \\ &= \frac{1126122,875}{840499,7786} \\ &= 1,3398\end{aligned}$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang lapangan rata-rata dengan kekuatan penampang rencana gaya geser balok ($\gamma_{R\ geser\ balok}$) didapat sebesar 1,3398 yang berarti kekuatan penampang yang terjadi di lapangan sudah dapat melebihi kekuatan penampang yang telah direncanakan.

5.2.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal (V_{vn})

Koefisien variasi merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam. Dengan data yang semakin seragam maka selisih antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana juga semakin sedikit yang akan menjadikan nilai ϕ semakin tinggi. Sedangkan apabila nilai koefisien variasi

semakin besar maka menunjukkan bahwa data tersebut semakin tidak seragam yang akan menjadikan nilai ϕ semakin rendah. Perhitungan nilai koefisien variasi $f'c$, f_y , b , h_{eff} , dan S menggunakan Persamaan 3.28 dan 3.29, sedangkan untuk koefisien variasi Asv menggunakan Persamaan 3.69.a dan 3.69.b sebagai berikut.

1. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned} V_{f'c} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'c^2 - (\sum f'c)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f'c}} \\ &= \frac{48,4039}{394,2159} \\ &= 0,1228 \end{aligned}$$

2. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned} V_{f_y} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f_y^2 - (\sum f_y)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f_y}} \\ &= \frac{9,0925}{481,6367} \\ &= 0,0189 \end{aligned}$$

3. Koefisien variasi lebar balok terpasang

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum b^2 - (\sum b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} \\ &= \frac{0,3808}{39,94} \\ &= 0,0095 \end{aligned}$$

4. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$\begin{aligned} V_{h_{eff}} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h_{eff}^2 - (\sum h_{eff})^2}{n(n-1)}}}{\bar{h_{eff}}} \\ &= \frac{0,3651}{42,2517} \\ &= 0,0086 \end{aligned}$$

5. Koefisien variasi jarak tulangan sengkang terpasang

$$V_s = \frac{\sqrt{\frac{n \sum S^2 - (\sum S)^2}{n(n-1)}}}{\bar{S}}$$

$$= \frac{0,1131}{9,995}$$

$$= 0,0113$$

6. Koefisien variasi luas tulangan sengkang terukur

$$V_{Asvd} = \frac{\sqrt{\frac{n \sum Asv^2 - (\sum Asv)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Asv}}$$

$$= \frac{0,3196}{3,8212}$$

$$= 0,0836$$

$$V_{Asv} = \sqrt{V_{Asvd}^2 + V_{Asp}^2}$$

$$= \sqrt{0,0836^2 + 0,03^2}$$

$$= 0,0888$$

7. Koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh beton

Menghitung koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.89 sebagai berikut,

$$V_{Vc} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_{h.eff}^2}$$

$$= \sqrt{0,1228^2 + 0,0095^2 + 0,0086^2}$$

$$= 0,1235$$

8. Koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh baja tulangan

Menghitung koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh baja tulangan menggunakan Persamaan 3.90 sebagai berikut,

$$V_{Vs} = \sqrt{V_{Asv}^2 + V_{fy}^2 + V_s^2}$$

$$= \sqrt{0,0888^2 + 0,0189^2 + 0,0113^2}$$

$$= 0,0915$$

9. Koefisien variasi gaya geser total

Menghitung nilai standar deviasi dari Vc menggunakan Persamaan 3.91,

$$\sigma_{Vc} = \bar{Vc} \times V_{Vc}$$

$$= 175026,0708 \times 0,1235$$

$$= 21624,1995$$

Menghitung nilai standar deviasi dari V_s menggunakan Persamaan 3.92,

$$\begin{aligned}\sigma_{V_s} &= \overline{V_s} \times V_{V_s} \\ &= 777995,1644 \times 0,0915 \\ &= 71211,2427\end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari V_n menggunakan Persamaan 3.93,

$$\begin{aligned}\sigma_{V_n} &= \sqrt{\sigma_{V_c}^2 + \sigma_{V_s}^2} \\ &= \sqrt{21624,1995^2 + 71211,2427^2} \\ &= 74422,0874\end{aligned}$$

Menghitung nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}) menggunakan Persamaan 3.94,

$$\begin{aligned}V_{Vn} &= \frac{\sigma_{Vn}}{\overline{Vn}} \\ &= \frac{74422,0874}{1126122,875} \\ &= 0,0661\end{aligned}$$

5.2.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Balok (V_R geser balok)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya geser balok ($V_{R \text{ geser balok}}$) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36 yang dikombinasikan dengan nilai V_P , dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3 yang disesuaikan dengan gaya dalam yang diperhitungkan.

$$\begin{aligned}V_{R \text{ geser balok}} &= \sqrt{V_{Vn}^2 + V_P^2} \\ &= \sqrt{0,0661^2 + 0,15^2} \\ &= 0,1639\end{aligned}$$

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya geser balok ($V_{R \text{ geser balok}}$) yang didapat cukup rendah yaitu sebesar 0,1639 karena dari nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}) yang cukup rendah juga yaitu sebesar 0,0661,

sehingga menjadikan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya geser balok menjadi rendah.

5.2.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Balok

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, perhitungan nilai ϕ dapat dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan 3.21, dimana nilai β (ukuran kehandalan bagian struktur) adalah 4,0 untuk perhitungan gaya geser dan α yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,75.

$$\begin{aligned}\phi &= \gamma_{R \text{ geser balok}} \times [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ geser balok}}}] \\ &= 1,3398 \times [e^{-(4,0 \times 0,75 \times 0,1639)}] \\ &= 0,8194\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ pada gaya geser balok didapatkan sebesar 0,8194. Nilai tersebut menunjukkan bahwa balok B1 pada daerah tumpuan pada Proyek A masih berada dalam batas aman SNI 2019, dimana batas aman nilai ϕ untuk gaya geser adalah 0,75. Dengan hasil perhitungan nilai ϕ tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan di lapangan pada Proyek A mulai dari penentuan dimensi balok, penempatan jarak tulangan sengkang, pemasangan jumlah kaki tulangan sengkang, penggunaan diameter tulangan, dan mutu bahan yang digunakan tidak berbeda jauh dengan yang telah direncanakan.

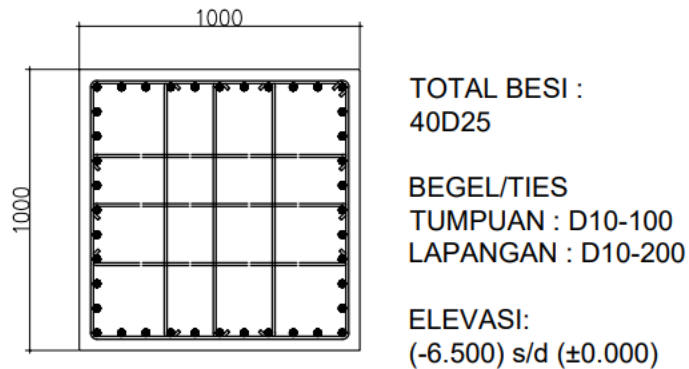
5.3 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Aksial Kolom

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) gaya aksial dilakukan pada semua komponen struktur kolom dari setiap proyek. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut.

5.3.1 Menghitung Nilai Kekuatan Gaya Aksial Rencana ($R_{\text{aksial kolom}}$) dan Kekuatan Gaya Aksial Lapangan ($\overline{R_{\text{aksial kolom}}}$)

1. Kekuatan Gaya Aksial Rencana

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, perhitungan kekuatan geser balok rencana dilakukan sebagai berikut.



DETAIL KOLOM K1 (1000 x 1000)

Gambar 5.4 Detail Kolom K1 Proyek A

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

$$n = 40 \text{ buah}$$

$$d_p = 2,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d_p^2\right) \\ &= 40 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,5^2\right) \\ &= 196,3495 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ MPa} \\ &= 306 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y &= 420 \text{ MPa} \\ &= 4284 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung kekuatan gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.97,

$$\begin{aligned} P_c &= 0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) \\ &= 0,85 \times 306 \times ((100 \times 100) - 196,3495) \\ &= 2549929,484 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung kekuatan gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja tulangan menggunakan Persamaan 3.98,

$$\begin{aligned}
 P_s &= A_{st} \times f_y \\
 &= 196,3495 \times 4284 \\
 &= 841161,433 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung kekuatan gaya aksial total rencana menggunakan Persamaan 3.95,

$$\begin{aligned}
 R_{aksial} = P_0 &= P_c + P_s \\
 &= 2549929,484 + 841161,433 \\
 &= 3391090,917 \text{ kg} \\
 &= 3391,0909 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

2. Kekuatan Gaya Aksial Lapangan

Untuk menghitung nilai kekuatan gaya aksial kolom lapangan digunakan data yang telah diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang kemudian data yang didapat tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b , h , dan d_p adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 38 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 2 Tabel 12, Tabel 21, dan Tabel 23.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai lebar kolom rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \bar{b} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_{40}}{n} \\
 &= \frac{99,9 + 100,1 + 100 + \dots + 100}{40} \\
 &= 99,945 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi kolom rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \bar{h} &= \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_{40}}{n} \\
 &= \frac{99,89 + 98,5 + 102,5 + \dots + 99,9}{40} \\
 &= 100,0495 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan pokok rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{dp} &= \frac{dp_1 + dp_2 + dp_3 + \dots + dp_{40}}{n} \\
 &= \frac{2,45 + 2,55 + 2,5 + \dots + 2,49}{40}
 \end{aligned}$$

$$= 2,4915 \text{ cm}$$

Menghitung nilai luas tulangan total rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{Ast} &= 40 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2) \\ &= 40 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 2,4915^2) \\ &= 195,0393 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{fy} &= \frac{fy_1 + fy_2 + fy_3}{n} \\ &= \frac{407,14 + 410,45 + 390,63}{3} \\ &= 402,7400 \text{ MPa} \\ &= 4107,9480 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= \frac{f'_{c1} + f'_{c2} + f'_{c3} + \dots + f'_{c38}}{n} \\ &= \frac{31,4462 + 35,7539 + 34,0462 + \dots + 33,1}{38} \\ &= 37,1189 \text{ MPa} \\ &= 378,6127 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.97,

$$\begin{aligned}\overline{Pc} &= 0,85 \times \overline{f'_c} \times (\overline{Ag} - \overline{Ast}) \\ &= 0,85 \times 378,6127 \times ((99,945 \times 100,0495) - 195,0393) \\ &= 3155262,154 \text{ kg}\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja tulangan menggunakan Persamaan 3.98,

$$\begin{aligned}\overline{Ps} &= \overline{Ast} \times \overline{fy} \\ &= 195,0393 \times 4107,948 \\ &= 801211,4652 \text{ kg}\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan gaya aksial total lapangan menggunakan Persamaan 3.95,

$$\begin{aligned}\overline{P_0} &= \overline{P_c} + \overline{P_s} \\ &= 3155262,154 + 801211,4652 \\ &= 3956473,6188 \text{ kg}\end{aligned}$$

Koreksi terhadap kekuatan geser penampang struktur menggunakan Persamaan 3.99,

$$\begin{aligned}\overline{R_{aksial\ kolom}} &= (\overline{P_0} \times \overline{P}_{aksial}) \\ &= (3956473,6188 \times 0,98) \\ &= 3877344,146 \text{ kg} \\ &= 3877,3441 \text{ Ton}\end{aligned}$$

5.3.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Gaya Aksial Lapangan dengan Kekuatan Gaya Aksial Rencana (γ_R aksial kolom)

Setelah didapatkan hasil perhitungan gaya aksial rencana (P_0) dan gaya aksial lapangan ($\overline{P_0}$), dilanjutkan dengan menghitung perbandingan kekuatan gaya aksial lapangan dengan kekuatan gaya aksial rencana menggunakan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\gamma_R \text{ aksial kolom} &= \frac{\overline{R_{aksial\ kolom}}}{R_{aksial\ kolom}} \\ &= \frac{3956473,6188}{3391090,917} \\ &= 1,1434\end{aligned}$$

Nilai perbandingan kekuatan gaya aksial lapangan dengan kekuatan gaya aksial rencana didapat sebesar 1,1434 yang berarti bahwa kekuatan gaya aksial di lapangan sudah melebihi kekuatan gaya aksial yang telah direncanakan. Adapun hal tersebut disebabkan oleh mutu beton yang digunakan di lapangan sudah melebihi angka yang direncanakan dimana mutu beton rata-rata yang digunakan di lapangan adalah 37,1189 MPa, sedangkan mutu beton yang direncanakan adalah 30 MPa.

5.3.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Aksial Nominal (V_{Pn})

Koefisien variasi merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam. Dengan data yang semakin seragam maka selisih antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana juga semakin sedikit yang akan menjadikan nilai ϕ semakin tinggi. Sedangkan apabila nilai koefisien variasi semakin besar maka menunjukkan bahwa data tersebut semakin tidak seragam yang akan menjadikan nilai ϕ semakin rendah. Perhitungan nilai koefisien variasi $f'c$, f_y , b , dan h_t menggunakan Persamaan 3.28 dan 3.29, sedangkan untuk koefisien variasi A_{st} menggunakan Persamaan 3.69.a dan 3.69.b sebagai berikut.

1. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned} V_{f'c} &= \sqrt{\frac{n \sum f'cr^2 - (\sum f'cr)^2}{n(n-1)}} \\ &= \frac{5,2734}{37,1189} \\ &= 0,1421 \end{aligned}$$

2. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned} V_{f_y} &= \sqrt{\frac{n \sum f_y^2 - (\sum f_y)^2}{n(n-1)}} \\ &= \frac{10,6174}{402,7400} \\ &= 0,0264 \end{aligned}$$

3. Koefisien variasi lebar kolom terpasang

$$\begin{aligned} V_b &= \sqrt{\frac{n \sum b^2 - (\sum b)^2}{n(n-1)}} \\ &= \frac{0,2112}{99,945} \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

4. Koefisien variasi tinggi kolom terpasang

$$\begin{aligned} V_{h_t} &= \sqrt{\frac{n \sum h^2 - (\sum h)^2}{n(n-1)}} \\ &= \frac{0,6746}{100,0495} \end{aligned}$$

$$= 0,0067$$

5. Koefisien variasi luas tulangan total terukur

$$V_{Astl} = \frac{\sqrt{\frac{n \sum Ast^2 - (\sum Ast)^2}{n(n-1)}}}{\overline{Ast}}$$

$$= \frac{4,2466}{195,0393}$$

$$= 0,0218$$

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{Astl}^2 + V_{Asp}^2}$$

$$= \sqrt{0,0218^2 + 0,03^2}$$

$$= 0,0371$$

6. Koefisien variasi kekuatan aksial yang mampu ditahan oleh beton

Menghitung koefisien variasi kekuatan aksial yang mampu ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.100,

$$V_{Pc} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_h^2}$$

$$= \sqrt{0,1421^2 + 0,0021^2 + 0,0067^2}$$

$$= 0,1422$$

7. Koefisien variasi kekuatan aksial yang mampu ditahan oleh baja tulangan

Menghitung koefisien variasi kekuatan aksial yang mampu ditahan oleh baja tulangan menggunakan Persamaan 3.101,

$$V_{Ps} = \sqrt{V_{Ast}^2 + V_{fy}^2}$$

$$= \sqrt{0,0371^2 + 0,0264^2}$$

$$= 0,0455$$

8. Koefisien variasi gaya aksial total

Menghitung nilai standar deviasi dari Pc menggunakan Persamaan 3.102,

$$\sigma_{Pc} = \overline{Pc} \times V_{Pc}$$

$$= 3155262,154 \times 0,1422$$

$$= 448812,0158$$

Menghitung nilai standar deviasi dari Ps menggunakan Persamaan 3.103,

$$\begin{aligned}
 \sigma_{Ps} &= \overline{Ps} \times V_{Ps} \\
 &= 801211,4652 \times 0,0455 \\
 &= 36444,6917
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari P_0 menggunakan Persamaan 3.104,

$$\begin{aligned}
 \sigma_{P_0} &= \sqrt{\sigma_{Pc}^2 + \sigma_{Ps}^2} \\
 &= \sqrt{448812,0158^2 + 36444,6917^2} \\
 &= 450289,2860
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai koefisien variasi gaya aksial total (V_{P_0}) menggunakan Persamaan 3.105,

$$\begin{aligned}
 V_{P_0} &= \frac{\sigma_{P_0}}{P_0} \\
 &= \frac{450289,2860}{3877344,146} \\
 &= 0,1161
 \end{aligned}$$

5.3.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur Gaya Aksial Kolom (V_R aksial kolom)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial kolom (V_R aksial kolom) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36 yang dikombinasikan dengan nilai V_P , dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3 yang disesuaikan dengan gaya dalam yang diperhitungkan.

$$\begin{aligned}
 V_{R \text{ aksial kolom}} &= \sqrt{V_{P_0}^2 + V_P^2} \\
 &= \sqrt{0,1161^2 + 0,05^2} \\
 &= 0,1264
 \end{aligned}$$

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial kolom (V_R aksial kolom) yang didapat cukup rendah yaitu sebesar 0,1264 karena dari nilai koefisien variasi gaya aksial total (V_{P_0}) yang cukup rendah juga yaitu sebesar 0,1161, sehingga menjadikan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial kolom menjadi rendah.

5.3.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Aksial Kolom

Setelah didapat nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, perhitungan nilai ϕ dapat dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan 3.21, dimana nilai β (ukuran kehandalan bagian struktur) adalah 4,0 untuk perhitungan gaya aksial dan α yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,75.

$$\begin{aligned}\phi &= \gamma_{R \text{ aksial kolom}} \times [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ aksial kolom}}}] \\ &= 1,1434 \times [e^{-(4,0 \times 0,75 \times 0,1264)}] \\ &= 0,7825\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ pada gaya aksial kolom didapatkan sebesar 0,7825. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kolom K1 pada Proyek A sudah berada di atas batas aman SNI 2019, dimana batas aman nilai ϕ untuk gaya aksial kolom adalah 0,65. Dengan hasil perhitungan nilai ϕ tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan di lapangan pada Proyek A untuk komponen struktur kolom K1 sudah sesuai dengan yang direncanakan, dimana hal tersebut terdapat pada mutu beton yang digunakan, dimana nilai rata-rata yang didapatkan di lapangan adalah 37,1189 MPa, sedangkan mutu beton yang direncanakan adalah 30 MPa.

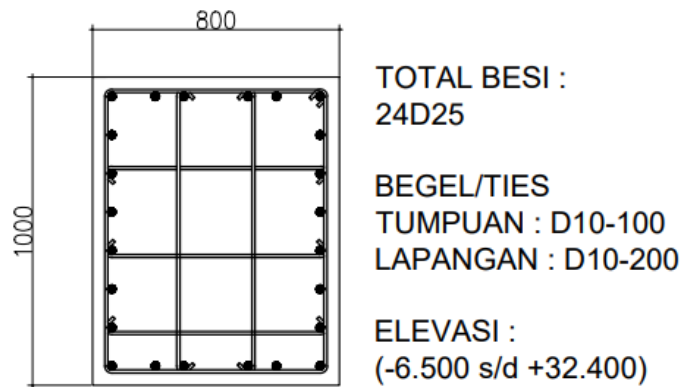
5.4 Perhitungan Nilai ϕ Pada Gaya Geser Kolom

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) gaya geser dilakukan pada semua komponen struktur kolom dari setiap proyek untuk arah X dan arah Y dari penampang kolom serta pada daerah tumpuan dan juga lapangan. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut.

5.4.1 Menghitung Nilai Kekuatan Geser Kolom Rencana ($R_{\text{geser kolom}}$) dan Kekuatan Geser Kolom Lapangan ($\overline{R_{\text{geser kolom}}}$)

1. Kekuatan Geser Kolom Rencana Arah X

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, perhitungan kekuatan geser kolom rencana dilakukan sebagai berikut.



DETAIL KOLOM K2 (800 x 1000)

Gambar 5.5 Detail Kolom K2 Proyek A

$$\begin{aligned}
 b &= 100 \text{ cm} \\
 &= 1000 \text{ mm} \\
 h_t &= 80 \text{ cm} \\
 &= 800 \text{ mm} \\
 s_b &= 4 \text{ cm} \\
 d_p &= 2,5 \text{ cm} \\
 d_s &= 1 \text{ cm} \\
 d &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\
 &= 4 + 1 + (0,5 \times 2,5) \\
 &= 6,25 \text{ cm} \\
 d' &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\
 &= 4 + 1 + (0,5 \times 2,5) \\
 &= 6,25 \text{ cm} \\
 h_{\text{eff}} &= h_t - d \\
 &= 80 - 6,25 \\
 &= 73,75 \text{ cm} \\
 &= 737,5 \text{ mm} \\
 n_v &= 5 \\
 A_{sv} &= n_v \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d_s^2\right)
 \end{aligned}$$

$$= 5 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2)$$

$$= 3,9270 \text{ cm}^2$$

$$= 392,6991 \text{ mm}^2$$

$$S = 10 \text{ cm}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$= 4284 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$= 306 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung kekuatan geser balok rencana menggunakan Persamaan 3.106, 3.107, dan 3.108 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_{\text{geser balok}} = V_n &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times h_{\text{eff}} + \frac{A_{sv} \times f_y \times h_{\text{eff}}}{s} \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 737,5 + \frac{392,6991 \times 4284 \times 737,5}{100} \\ &= 1889627,716 \text{ N} \\ &= 192,6226 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Kekuatan Geser Kolom Lapangan Arah X

Untuk menghitung nilai kekuatan geser balok lapangan digunakan data yang telah diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang kemudian data yang didapat tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b, h_{eff}, S, dan d_s adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 38 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 2 Tabel 14, Tabel 21, dan Tabel 23.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai lebar balok rata-rata,

$$\begin{aligned} \bar{b} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_{40}}{n} \\ &= \frac{100 + 99,5 + 99,8 + \dots + 100,1}{40} \\ &= 100,03 \text{ cm} \\ &= 1000,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi efektif balok rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{h.eff} &= \frac{h.eff1+h.eff2+h.eff3+...+h.eff40}{n} \\
 &= \frac{75,375+75,35+74,7+...+74,75}{40} \\
 &= 74,9963 \text{ cm} \\
 &= 749,9625 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai jarak tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \bar{S} &= \frac{S1+S2+S3+...+S40}{n} \\
 &= \frac{11,7+11,3+10,8+...+10}{40} \\
 &= 10,625 \text{ cm} \\
 &= 106,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{ds} &= \frac{ds1+ds2+ds3+...+ds40}{n} \\
 &= \frac{1,1+1+1+...+1}{40} \\
 &= 1,02 \text{ cm} \\
 &= 10,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{Asv} &= nv \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{ds}^2) \\
 &= 5 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 10,2^2) \\
 &= 409,9778 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\
 &= \frac{523,49+526,59+523,39}{3} \\
 &= 524,49 \text{ MPa} \\
 &= 5349,798 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$f'_{cr} = \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+...+f'_{c38}}{n}$$

$$= \frac{31,4462+35,7539+34,0462+\dots+33,1}{38}$$

$$= 37,1189 \text{ MPa}$$

$$= 378,6127 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.107,

$$\begin{aligned}\overline{V_c} &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times \bar{b} \times \bar{h}.eff \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{37,1189} \times 1000,3 \times 749,9625 \\ &= 761756,3014 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh baja tulangan sengkang menggunakan Persamaan 3.108,

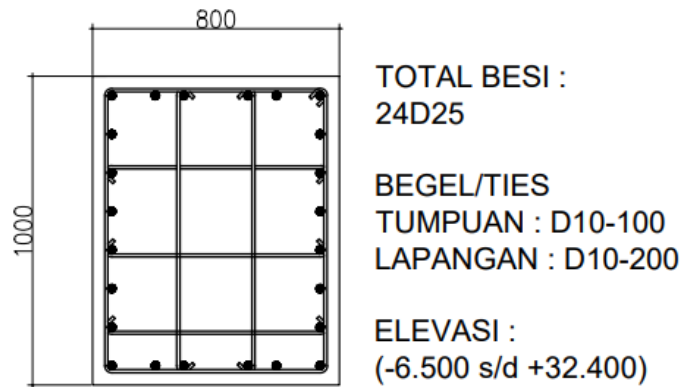
$$\begin{aligned}\overline{V_s} &= \frac{\overline{A_s v} \times \overline{f_y} \times \bar{h}.eff}{\bar{s}} \\ &= \frac{409,9778 \times 524,49 \times 749,9625}{106,25} \\ &= 1517777,834 \text{ N}\end{aligned}$$

Koreksi terhadap kekuatan geser penampang struktur menggunakan Persamaan 3.109 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\overline{R_{geser\ kolom}} &= (\overline{V_c} \times \bar{P}_{geser\ beton}) + (\overline{V_s} \times \bar{P}_{geser\ baja\ tulangan}) \\ &= (761756,3014 \times 1,1) + (1517777,834 \times 1,2) \\ &= 2659265,333 \text{ N} \\ &= 271,0770 \text{ Ton}\end{aligned}$$

3. Kekuatan Geser Kolom Rencana Arah Y

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, perhitungan kekuatan geser kolom rencana dilakukan sebagai berikut.



DETAIL KOLOM K2 (800 x 1000)

Gambar 5.5 Detail Kolom K2 Proyek A

$$\begin{aligned}
 b &= 80 \text{ cm} \\
 &= 800 \text{ mm} \\
 h_t &= 100 \text{ cm} \\
 &= 1000 \text{ mm} \\
 s_b &= 4 \text{ cm} \\
 d_p &= 2,5 \text{ cm} \\
 d_s &= 1 \text{ cm} \\
 d &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\
 &= 4 + 1 + (0,5 \times 2,5) \\
 &= 6,25 \text{ cm} \\
 d' &= s_b + d_s + (0,5 \times d_p) \\
 &= 4 + 1 + (0,5 \times 2,5) \\
 &= 6,25 \text{ cm} \\
 h_{\text{eff}} &= h_t - d \\
 &= 100 - 6,25 \\
 &= 93,75 \text{ cm} \\
 &= 937,5 \text{ mm} \\
 n_v &= 4 \\
 A_{sv} &= n_v \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d_s^2\right) \\
 &= 4 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2\right)
 \end{aligned}$$

$$= 3,1416 \text{ cm}^2$$

$$= 314,1593 \text{ mm}^2$$

$$S = 10 \text{ cm}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$= 4284 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$= 306 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung kekuatan geser balok rencana menggunakan Persamaan 3.106, 3.107, dan 3.108 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_{\text{geser balok}} = V_n &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times h_{\text{eff}} + \frac{A_{sv} \times f_y \times h_{\text{eff}}}{S} \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 800 \times 937,5 + \frac{314,1593 \times 4284 \times 937,5}{100} \\ &= 1921655,304 \text{ N} \\ &= 195,8874 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4. Kekuatan Geser Kolom Lapangan Arah Y

Untuk menghitung nilai kekuatan geser balok lapangan digunakan data yang telah diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang kemudian data yang didapat tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b, h_{eff}, S, dan d_s adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 38 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 2 Tabel 14, Tabel 21, dan Tabel 23.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai lebar balok rata-rata,

$$\begin{aligned} \bar{b} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_{40}}{n} \\ &= \frac{80,7 + 80,5 + 80,1 + \dots + 80}{40} \\ &= 80,24 \text{ cm} \\ &= 802,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi efektif balok rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{h.eff} &= \frac{h.eff1+h.eff2+h.eff3+\dots+h.eff40}{n} \\
 &= \frac{94,675+94,35+94,4+\dots+94,85}{40} \\
 &= 94,7863 \text{ cm} \\
 &= 947,8625 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai jarak tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \bar{S} &= \frac{S1+S2+S3+\dots+S40}{n} \\
 &= \frac{11,7+11,3+10,8+\dots+10}{40} \\
 &= 10,625 \text{ cm} \\
 &= 106,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{ds} &= \frac{ds1+ds2+ds3+\dots+ds40}{n} \\
 &= \frac{1,1+1+1+\dots+1}{40} \\
 &= 1,02 \text{ cm} \\
 &= 10,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan sengkang rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{Asv} &= nv \times (\frac{1}{4} \times \pi \times \overline{ds}^2) \\
 &= 4 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 10,2^2) \\
 &= 327,9823 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\begin{aligned}
 \overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\
 &= \frac{523,49+526,59+523,39}{3} \\
 &= 524,49 \text{ MPa} \\
 &= 5349,798 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$f'_{cr} = \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+\dots+f'_{c38}}{n}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{31,4462+35,7539+34,0462+\dots+33,1}{38} \\
&= 37,1189 \text{ MPa} \\
&= 378,6127 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.107,

$$\begin{aligned}
\overline{V_c} &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times \bar{b} \times h \cdot eff \\
&= \frac{1}{6} \times \sqrt{37,1189} \times 802,4 \times 947,8625 \\
&= 772293,7146 \text{ N}
\end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh baja tulangan sengkang menggunakan Persamaan 3.108,

$$\begin{aligned}
\overline{V_s} &= \frac{\overline{A_s v} \times \overline{f_y} \times h \cdot eff}{\bar{s}} \\
&= \frac{327,9823 \times 524,49 \times 947,8625}{106,25} \\
&= 1534631,07 \text{ N}
\end{aligned}$$

Koreksi terhadap kekuatan geser penampang struktur menggunakan Persamaan 3.109 sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
\overline{R_{geser\ kolom}} &= (\overline{V_c} \times \bar{P}_{geser\ beton}) + (\overline{V_s} \times \bar{P}_{geser\ baja\ tulangan}) \\
&= (772293,7146 \times 1,1) + (1534631,07 \times 1,2) \\
&= 2691080,37 \text{ N} \\
&= 274,3201 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

5.4.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Geser Kolom Lapangan dengan Kekuatan Geser Kolom Rencana ($\gamma_{R \text{ geser kolom}}$)

Berdasarkan hasil perhitungan kekuatan geser kolom rencana (V_n) dan kekuatan geser kolom lapangan ($\overline{V_n}$), perhitungan dilanjutkan dengan menghitung perbandingan kekuatan penampang lapangan rata-rata dengan kekuatan penampang rencana menggunakan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

1. Perbandingan Gaya Geser Kolom Arah X

$$\gamma_{R \text{ geser kolom}} = \frac{\overline{R_{geser\ kolom}}}{R_{geser\ kolom}}$$

$$= \frac{2659265,333}{1889627,716}$$

$$= 1,4073$$

2. Perbandingan Gaya Geser Kolom Arah Y

$$\gamma_{R \text{ geser kolom}} = \frac{R_{geser \text{ kolom}}}{R_{geser \text{ kolom}}}$$

$$= \frac{2691080,37}{1921655,304}$$

$$= 1,4004$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang lapangan rata-rata dengan kekuatan penampang rencana gaya geser kolom ($\gamma_{R \text{ geser kolom}}$) didapat sebesar 1,4073 untuk arah X dan 1,4004 untuk arah Y yang berarti kekuatan penampang yang terjadi di lapangan sudah melebihi kekuatan penampang yang telah direncanakan.

5.4.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal (V_{vn})

Koefisien variasi merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam. Dengan data yang semakin seragam maka selisih antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana juga semakin sedikit yang akan menjadikan nilai ϕ semakin tinggi. Sedangkan apabila nilai koefisien variasi semakin besar maka menunjukkan bahwa data tersebut semakin tidak seragam yang akan menjadikan nilai ϕ semakin rendah. Perhitungan nilai koefisien variasi f'_c , f_y , b , h_{eff} , dan S menggunakan Persamaan 3.28 dan 3.29, sedangkan untuk koefisien variasi A_{sv} menggunakan Persamaan 3.69.a dan 3.69.b sebagai berikut.

1. Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal Arah X

a. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$V_{f'_c} = \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'_{cr}{}^2 - (\sum f'_{cr})^2}{n(n-1)}}}{f'_{cr}}$$

$$= \frac{5,2734}{37,1189}$$

$$= 0,1421$$

b. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fy} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum fy^2 - (\sum fy)^2}{n(n-1)}}}{\bar{fy}} \\
 &= \frac{1,8193}{524,49} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

c. Koefisien variasi lebar kolom terpasang

$$\begin{aligned}
 V_b &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum b^2 - (\sum b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} \\
 &= \frac{0,2503}{100,03} \\
 &= 0,0025
 \end{aligned}$$

d. Koefisien variasi tinggi efektif kolom terpasang

$$\begin{aligned}
 V_{h.eff} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h.eff^2 - (\sum h.eff)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h.eff}} \\
 &= \frac{0,2540}{74,9963} \\
 &= 0,0034
 \end{aligned}$$

e. Koefisien variasi jarak titik tulangan sengkang terpasang

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum s^2 - (\sum s)^2}{n(n-1)}}}{\bar{s}} \\
 &= \frac{0,6084}{10,625} \\
 &= 0,0573
 \end{aligned}$$

f. Koefisien variasi luas tulangan sengkang terukur

$$\begin{aligned}
 V_{Asvd} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum Asv^2 - (\sum Asv)^2}{n(n-1)}}}{\overline{Asv}} \\
 &= \frac{0,4855}{4,0998} \\
 &= 0,1184 \\
 V_{Asv} &= \sqrt{V_{Asvd}^2 + V_{Asp}^2} \\
 &= \sqrt{0,1184^2 + 0,03^2}
 \end{aligned}$$

$$= 0,1222$$

- g. Koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh beton

Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.110,

$$\begin{aligned} V_{Vc} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_{h.eff}^2} \\ &= \sqrt{0,1421^2 + 0,0025^2 + 0,0034^2} \\ &= 0,1421 \end{aligned}$$

- h. Koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh baja tulangan

Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh baja tulangan menggunakan Persamaan 3.111,

$$\begin{aligned} V_{Vs} &= \sqrt{V_{Asv}^2 + V_{fy}^2 + V_s^2} \\ &= \sqrt{0,1222^2 + 0,0035^2 + 0,0573^2} \\ &= 0,1350 \end{aligned}$$

- i. Koefisien variasi gaya geser total

Menghitung nilai standar deviasi dari Vc menggunakan Persamaan 3.112,

$$\begin{aligned} \sigma_{Vc} &= \overline{Vc} \times V_{Vc} \\ &= 761756,3014 \times 0,1421 \\ &= 108267,8041 \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari Vs menggunakan Persamaan 3.113,

$$\begin{aligned} \sigma_{Vs} &= \overline{Vs} \times V_{Vs} \\ &= 1517777,834 \times 0,1350 \\ &= 204846,5669 \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari Vn menggunakan Persamaan 3.114,

$$\begin{aligned} \sigma_{Vn} &= \sqrt{\sigma_{Vc}^2 + \sigma_{Vs}^2} \\ &= \sqrt{108267,8041^2 + 204846,5669^2} \\ &= 231698,1514 \end{aligned}$$

Menghitung nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}) menggunakan Persamaan 3.115,

$$\begin{aligned}
 V_{Vn} &= \frac{\sigma_{Vn}}{Vn} \\
 &= \frac{231698,1514}{2659265,333} \\
 &= 0,0871
 \end{aligned}$$

2. Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal Arah Y

a. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fc} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'cr^2 - (\sum f'cr)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f'cr}} \\
 &= \frac{5,2734}{37,1189} \\
 &= 0,1421
 \end{aligned}$$

b. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fy} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum fy^2 - (\sum fy)^2}{n(n-1)}}}{\bar{fy}} \\
 &= \frac{1,8193}{524,49} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

c. Koefisien variasi lebar kolom terpasang

$$\begin{aligned}
 V_b &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum b^2 - (\sum b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} \\
 &= \frac{0,2085}{80,24} \\
 &= 0,0026
 \end{aligned}$$

d. Koefisien variasi tinggi efektif kolom terpasang

$$\begin{aligned}
 V_{h,eff} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h,eff^2 - (\sum h,eff)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h,eff}} \\
 &= \frac{0,2679}{94,7863} \\
 &= 0,0028
 \end{aligned}$$

e. Koefisien variasi jarak titik tulangan sengkang terpasang

$$V_s = \frac{\sqrt{\frac{n \sum s^2 - (\sum s)^2}{n(n-1)}}}{\bar{s}}$$

$$= \frac{0,6084}{10,625}$$

$$= 0,0573$$

f. Koefisien variasi luas tulangan sengkang terukur

$$V_{Asvd} = \frac{\sqrt{\frac{n \sum Asv^2 - (\sum Asv)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Asv}}$$

$$= \frac{0,3884}{3,2798}$$

$$= 0,1184$$

$$V_{Asv} = \sqrt{V_{Asvd}^2 + V_{Asp}^2}$$

$$= \sqrt{0,1184^2 + 0,03^2}$$

$$= 0,1222$$

g. Koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh beton

Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh beton menggunakan Persamaan 3.110,

$$V_{Vc} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_{h.eff}^2}$$

$$= \sqrt{0,1421^2 + 0,0026^2 + 0,0028^2}$$

$$= 0,1421$$

h. Koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh baja tulangan

Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan geser yang mampu ditahan oleh baja tulangan menggunakan Persamaan 3.111,

$$V_{Vs} = \sqrt{V_{Asv}^2 + V_{fy}^2 + V_s^2}$$

$$= \sqrt{0,1222^2 + 0,0035^2 + 0,0573^2}$$

$$= 0,1350$$

i. Koefisien variasi gaya geser total

Menghitung nilai standar deviasi dari Vc menggunakan Persamaan 3.112,

$$\sigma_{Vc} = \bar{Vc} \times V_{Vc}$$

$$= 772293,146 \times 0,1421$$

$$= 109757,3543$$

Menghitung nilai standar deviasi dari V_s menggunakan Persamaan 3.113,

$$\begin{aligned}\sigma_{V_s} &= \overline{V_s} \times V_{V_s} \\ &= 1534631,07 \times 0,1350 \\ &= 207121,1603\end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari V_n menggunakan Persamaan 3.114,

$$\begin{aligned}\sigma_{V_n} &= \sqrt{\sigma_{V_c}^2 + \sigma_{V_s}^2} \\ &= \sqrt{109757,3543^2 + 207121,1603^2} \\ &= 234405,3154\end{aligned}$$

Menghitung nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}) menggunakan Persamaan 3.115,

$$\begin{aligned}V_{Vn} &= \frac{\sigma_{Vn}}{\overline{Vn}} \\ &= \frac{234405,3154}{2691080,37} \\ &= 0,0871\end{aligned}$$

5.4.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur Gaya Geser Kolom (V_R geser kolom)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya geser kolom (V_R geser kolom) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36 yang dikombinasikan dengan nilai V_P , dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3 yang disesuaikan dengan gaya dalam yang diperhitungkan.

1. Koefisien Variasi Gaya Geser Arah X

$$\begin{aligned}V_{R \text{ geser kolom}} &= \sqrt{V_{Vn}^2 + V_P^2} \\ &= \sqrt{0,0871^2 + 0,15^2} \\ &= 0,1735\end{aligned}$$

2. Koefisien Variasi Gaya Geser Arah Y

$$\begin{aligned}V_{R \text{ geser kolom}} &= \sqrt{V_{Vn}^2 + V_P^2} \\ &= \sqrt{0,0871^2 + 0,15^2} \\ &= 0,1735\end{aligned}$$

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya geser kolom ($V_{R \text{ geser kolom}}$) yang didapat cukup rendah yaitu sebesar 0,1735 untuk arah X dan 0,1735 untuk arah Y, hal tersebut dikarenakan nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}) yang cukup rendah juga yaitu sebesar 0,0871 untuk arah X dan 0,0871 untuk arah Y, sehingga menjadikan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya geser kolom menjadi rendah.

5.4.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Kolom

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, perhitungan nilai ϕ dapat dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan 3.21, dimana nilai β (ukuran kehandalan bagian struktur) adalah 4,0 untuk perhitungan gaya geser dan α yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,75.

1. Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Gaya Geser Kolom Arah X

$$\begin{aligned}\phi &= \gamma_{R \text{ geser balok}} \times [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ geser balok}}}] \\ &= 1,4073 \times [e^{-(4,0 \times 0,75 \times 0,1735)}] \\ &= 0,8363\end{aligned}$$

2. Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Gaya Geser Kolom Arah Y

$$\begin{aligned}\phi &= \gamma_{R \text{ geser balok}} \times [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ geser balok}}}] \\ &= 1,4004 \times [e^{-(4,0 \times 0,75 \times 0,1735)}] \\ &= 0,8323\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ pada gaya geser balok didapatkan sebesar 0,8363 untuk arah X dan 0,8323 untuk arah Y. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kolom K2 pada daerah tumpuan arah X dan arah Y pada Proyek A masih berada dalam batas aman SNI 2019, dimana batas aman nilai ϕ untuk gaya geser adalah 0,75. Dengan hasil perhitungan nilai ϕ tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan di lapangan pada Proyek A mulai dari penentuan dimensi kolom, penempatan jarak tulangan sengkang, pemasangan jumlah kaki tulangan sengkang,

penggunaan diameter tulangan, dan mutu bahan yang digunakan tidak berbeda jauh dengan yang telah direncanakan.

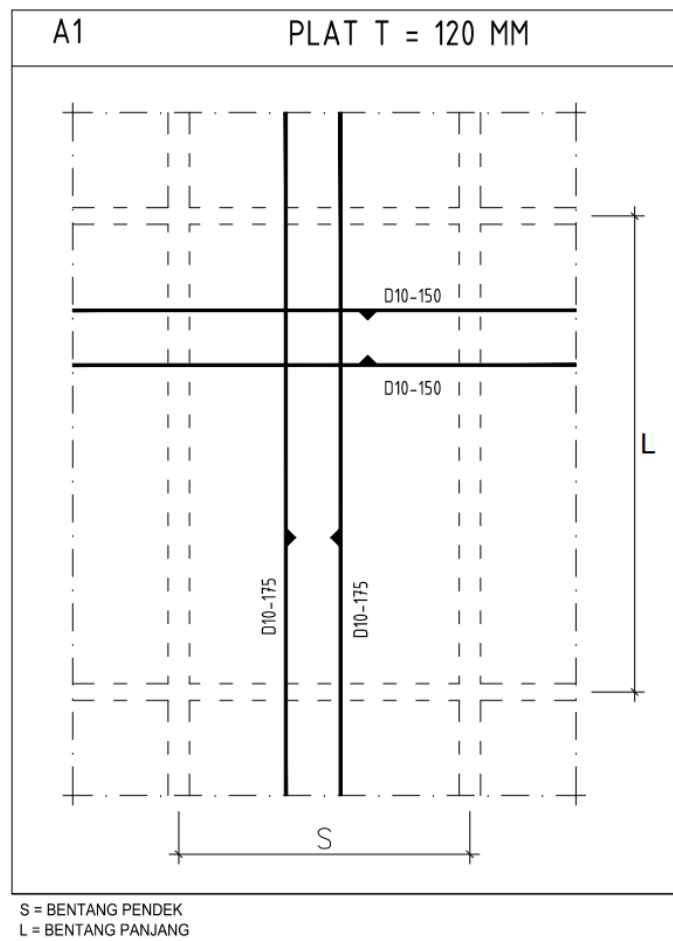
5.5 Perhitungan Nilai ϕ Pada Momen Lentur Pelat

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) momen lentur dilakukan pada semua komponen struktur pelat untuk arah X dan arah Y, dan apabila pelat berupa pelat tipe satu arah perhitungan dilakukan pada daerah tumpuan dan lapangan dari setiap proyek. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut.

5.5.1 Menghitung Nilai Momen Nominal Pelat Rencana ($R_{\text{lentur pelat}}$) dan Nilai Momen Nominal Pelat Lapangan ($\overline{R_{\text{lentur pelat}}}$)

1. Perhitungan Nilai Momen Lentur Pelat Rencana Arah X

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 5.6 Detail Pelat A1 Proyek C

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$sb = 2 \text{ cm}$$

$$dp = 1 \text{ cm}$$

$$d' = sb + dp + (0,5 \times dp)$$

$$= 2 + 1 + (0,5 \times 1)$$

$$= 3,5 \text{ cm}$$

$$h.\text{eff} = h - d'$$

$$= 12 - 3,5$$

$$= 8,5 \text{ cm}$$

$$S = 15 \text{ cm}$$

$$A1d = \frac{1}{4} \times \pi \times dp^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2$$

$$= 0,7854 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{A_1 d \times b}{s} \\ &= \frac{0,7854 \times 100}{15} \end{aligned}$$

$$= 5,2360 \text{ cm}^2$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$= 255 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 370 \text{ MPa}$$

$$= 3774 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton rencana menggunakan Persamaan 3.119,

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{5,2360 \times 3774}{0,85 \times 255 \times 100} \\ &= 0,9117 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menghitung momen nominal rencana menggunakan Persamaan 3.116,

$$\begin{aligned} R_{\text{lentur pelat}} = M_n &= A_s \times f_y \times \left(h_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right) \\ &= 5,2360 \times 3774 \times \left(8,5 - \frac{0,9117}{2} \right) \\ &= 158957,5923 \text{ kgcm} \\ &= 1,5896 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Nilai Momen Lentur Pelat Lapangan Arah X

Untuk menghitung nilai momen nominal lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk S, h_{eff}, dan d_p adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 11 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel 44, Tabel 48, dan Tabel 49.

$$n = \text{jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai tinggi efektif pelat rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{h.eff} &= \frac{h.eff1+h.eff2+h.eff3+...+h.eff40}{n} \\ &= \frac{8,35+7,95+8,2+...+7,545}{40} \\ &= 7,9759 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai jarak penulangan pelat rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \frac{S1+S2+S3+...+S40}{n} \\ &= \frac{14,95+14,9+15,05+...+14,9}{40} \\ &= 14,8725 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{dp} &= \frac{dp1+dp2+dp3+...+dp40}{n} \\ &= \frac{0,9+1,1+1+...+0,97}{40} \\ &= 0,9978 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{A1d} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,9978^2 \\ &= 0,7819 \text{ cm}^2 \\ \overline{As} &= \frac{\overline{A1d} \times b}{\bar{S}} \\ &= \frac{0,7819 \times 100}{14,8725} \\ &= 5,2571 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Menghitung nilai kuat tarik baja rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\ &= \frac{380,68+363,24+372,9}{3} \\ &= 372,2733 \text{ MPa} \\ &= 3797,188 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan

membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{f'_{c1} + f'_{c2} + f'_{c3} + \dots + f'_{c11}}{n} \\
 &= \frac{346,188 + 326,655 + 396,3429 + \dots + 273,5565}{11} \\
 &= 289,9560 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 28,4271 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Menghitung tinggi tegangan desak beton rata-rata menggunakan Persamaan 3.119,

$$\begin{aligned}
 \bar{a} &= \frac{\bar{A}s \times \bar{f}_y}{0,85 \times \bar{f}'_c \times b} \\
 &= \frac{5,2571 \times 3797,188}{0,85 \times 289,9560 \times 100} \\
 &= 0,8100 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung momen nominal lapangan menggunakan Persamaan 3.116,

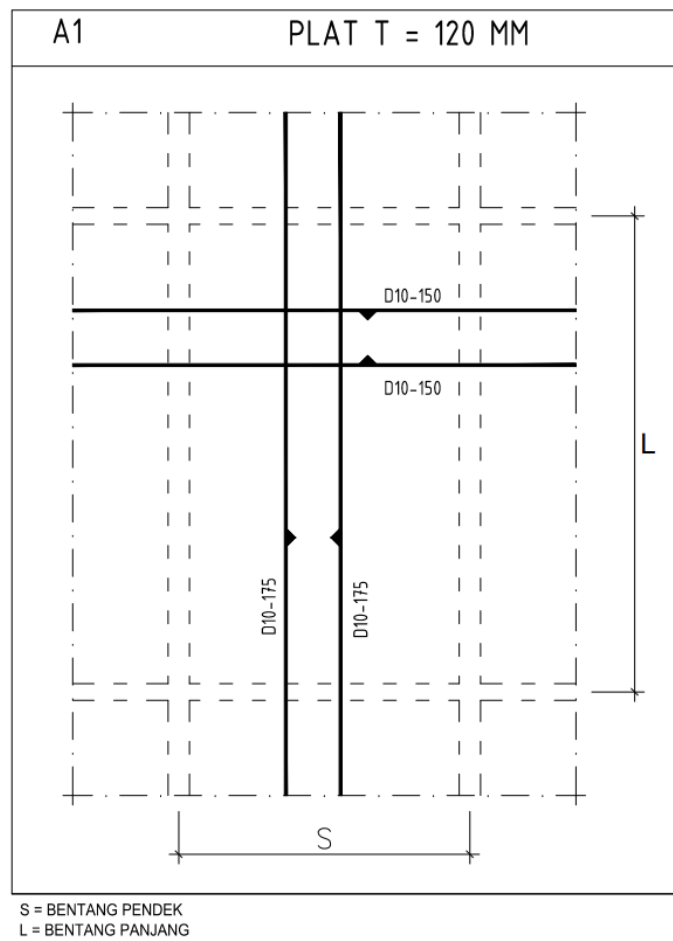
$$\begin{aligned}
 \overline{Mn} &= \bar{A}s \times \bar{f}_y \times \left(h_{eff} - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 5,2571 \times 3797,188 \times \left(7,9759 - \frac{0,8100}{2} \right) \\
 &= 151132,8472 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

Nilai $\overline{Mn}$ dikoreksi dengan faktor penyederhanaan asumsi (P) sesuai dengan yang terdapat pada Tabel 3.3 menggunakan Persamaan 3.120 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \overline{R_{lentur pelat}} &= \overline{Mn} \times \bar{P}_{lentur} \\
 &= 151132,8472 \times 1,06 \\
 &= 160200,818 \text{ kgcm} \\
 &= 1,6020 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Nilai Momen Lentur Pelat Rencana Arah Y

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari Proyek A, diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 5.6 Detail Pelat A1 Proyek C

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$sb = 2 \text{ cm}$$

$$dp = 1 \text{ cm}$$

$$d' = sb + dp + (0,5 \times dp)$$

$$= 2 + 1 + (0,5 \times 1)$$

$$= 3,5 \text{ cm}$$

$$h_{\text{eff}} = h - d'$$

$$= 12 - 3,5$$

$$= 8,5 \text{ cm}$$

$$S = 17,5 \text{ cm}$$

$$A_{1d} = \frac{1}{4} \times \pi \times dp^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2$$

$$= 0,7854 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{A_1 d \times b}{s}$$

$$= \frac{0,7854 \times 100}{17,5}$$

$$= 4,4880 \text{ cm}^2$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$= 255 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 370 \text{ MPa}$$

$$= 3774 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton rencana menggunakan Persamaan 3.119,

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{4,4880 \times 3774}{0,85 \times 255 \times 100}$$

$$= 0,7814 \text{ cm}$$

Menghitung momen nominal rencana menggunakan Persamaan 3.116,

$$R_{\text{lentur pelat}} = M_n = A_s \times f_y \times \left(h_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 4,4880 \times 3774 \times \left(8,5 - \frac{0,7814}{2} \right)$$

$$= 137352,3435 \text{ kgcm}$$

$$= 1,3735 \text{ Ton.m}$$

4. Perhitungan Nilai Momen Lentur Pelat Lapangan Arah Y

Untuk menghitung nilai momen nominal lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk S , h_{eff} , dan d_p adalah 40 data, dan untuk f'_c adalah 11 data, sedangkan untuk f_y adalah 3 data. Data lapangan dapat dilihat pada Lampiran 4 Tabel 44, Tabel 48, dan Tabel 49.

$$n = \text{jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

Menghitung nilai rata-rata menggunakan Persamaan 3.25 sebagai berikut.

Menghitung nilai tinggi efektif pelat rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{h.eff} &= \frac{h.eff1+h.eff2+h.eff3+...+h.eff40}{n} \\ &= \frac{8,35+7,95+8,2+...+7,545}{40} \\ &= 7,9759 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai jarak penulangan pelat rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \frac{S1+S2+S3+...+S40}{n} \\ &= \frac{17,45+17,4+17,55+...+17,4}{40} \\ &= 17,3725 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai diameter tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{dp} &= \frac{dp1+dp2+dp3+...+dp40}{n} \\ &= \frac{0,9+1,1+1+...+0,97}{40} \\ &= 0,9978 \text{ cm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai luas tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{A1d} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \overline{dp}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,9978^2 \\ &= 0,7819 \text{ cm}^2 \\ \overline{As} &= \frac{\overline{A1d} \times b}{\bar{S}} \\ &= \frac{0,7819 \times 100}{17,3725} \\ &= 4,5006 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Menghitung nilai kuat tarik baja rata-rata,

$$\begin{aligned}\overline{fy} &= \frac{fy1+fy2+fy3}{n} \\ &= \frac{380,68+363,24+372,9}{3} \\ &= 372,2733 \text{ MPa} \\ &= 3797,188 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Nilai mutu beton harus dikonversikan menjadi mutu pada umur 28 hari apabila data yang didapat bukan merupakan mutu pada umur 28 hari dengan

membagi nilainya dengan koefisien yang ada pada Tabel 3.2. Kemudian nilai mutu beton rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{f'_{c1} + f'_{c2} + f'_{c3} + \dots + f'_{c11}}{n} \\
 &= \frac{346,188 + 326,655 + 396,3429 + \dots + 273,5565}{11} \\
 &= 289,9560 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 28,4271 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Menghitung tinggi tegangan desak beton rata-rata menggunakan Persamaan 3.119,

$$\begin{aligned}
 \bar{a} &= \frac{\bar{A}s \times \bar{f}_y}{0,85 \times \bar{f}'_c \times b} \\
 &= \frac{4,5006 \times 3797,188}{0,85 \times 289,9560 \times 100} \\
 &= 0,6934 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menghitung momen nominal lapangan menggunakan Persamaan 3.116,

$$\begin{aligned}
 \overline{Mn} &= \bar{A}s \times \bar{f}_y \times \left(h_{eff} - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 4,5006 \times 3797,188 \times \left(7,9759 - \frac{0,6934}{2} \right) \\
 &= 130379,9431 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

Nilai $\overline{Mn}$ dikoreksi dengan faktor penyederhanaan asumsi (P) sesuai dengan yang terdapat pada Tabel 3.3 menggunakan Persamaan 3.120 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \overline{R}_{lentur \text{ pelat}} &= \overline{Mn} \times \bar{P}_{lentur} \\
 &= 130379,9431 \times 1,06 \\
 &= 138202,7397 \text{ kgcm} \\
 &= 1,3820 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

5.5.2 Menghitung Nilai Perbandingan Momen Nominal Pelat Lapangan dengan Momen Nominal Pelat Rencana (γ_R lentur pelat)

Berdasarkan hasil perhitungan momen nominal rencana dan momen nominal lapangan maka didapatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekuatan penampang rencana menggunakan Persamaan 3.23 sebagai berikut.

1. Perbandingan Momen Lentur Pelat Arah X

$$\begin{aligned}
 \gamma_{R \text{ lentur pelat}} &= \frac{\overline{R_{\text{lentur pelat}}}}{R_{\text{lentur pelat}}} \\
 &= \frac{160200,818}{158957,5923} \\
 &= 1,0078
 \end{aligned}$$

2. Perbandingan Momen Lentur Pelat Arah Y

$$\begin{aligned}
 \gamma_{R \text{ lentur pelat}} &= \frac{\overline{R_{\text{lentur pelat}}}}{R_{\text{lentur pelat}}} \\
 &= \frac{138202,7397}{137352,3435} \\
 &= 1,0062
 \end{aligned}$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur pelat ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$) untuk arah X didapat sebesar 1,0078 dan untuk arah Y didapat sebesar 1,0062, hal tersebut disebabkan nilai mutu beton dipakai di lapangan lebih tinggi dibandingkan dengan mutu rencana. Dimana untuk mutu beton yang dipakai sebesar 28,4271 MPa, sedangkan untuk mutu rencana sebesar 25 MPa. Hal tersebut menjadikan kekuatan di lapangan sudah melebihi kekuatan yang telah direncanakan.

5.5.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Momen Nominal (V_{Mn})

Koefisien variasi merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam. Dengan data yang semakin seragam maka selisih antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana juga semakin sedikit yang akan menjadikan nilai ϕ semakin tinggi. Sedangkan apabila nilai koefisien variasi semakin besar maka menunjukkan bahwa data tersebut semakin tidak seragam yang akan menjadikan nilai ϕ semakin rendah. Perhitungan nilai koefisien variasi f'_c , f_y , dan h_{eff} menggunakan Persamaan 3.28 dan 3.29, sedangkan untuk koefisien variasi A_{st} menggunakan Persamaan 3.69.a dan 3.69.b sebagai berikut.

1. Koefisien Variasi Momen Lentur Pelat Arah X
 - a. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fc} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'cr^2 - (\sum f'cr)^2}{n(n-1)}}}{f'cr} \\
 &= \frac{56,6672}{289,9560} \\
 &= 0,1954
 \end{aligned}$$

b. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned}
 V_{fy} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum fy^2 - (\sum fy)^2}{n(n-1)}}}{\bar{fy}} \\
 &= \frac{8,7369}{372,2733} \\
 &= 0,0235
 \end{aligned}$$

c. Koefisien variasi tinggi efektif pelat terpasang

$$\begin{aligned}
 V_{h,eff} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h.eff^2 - (\sum h.eff)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h.eff}} \\
 &= \frac{0,3035}{7,9759} \\
 &= 0,0381
 \end{aligned}$$

d. Koefisien variasi luas tulangan terukur

$$\begin{aligned}
 V_{Astd} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum Ast^2 - (\sum Ast)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Ast}} \\
 &= \frac{0,7226}{5,2571} \\
 &= 0,1368 \\
 V_{Ast} &= \sqrt{V_{Astd}^2 + V_{Asp}^2} \\
 &= \sqrt{0,1368^2 + 0,03^2} \\
 &= 0,1400
 \end{aligned}$$

e. Koefisien variasi $(h - a/2)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $(h - a/2)$ perlu menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut terlebih dahulu yaitu $(h.eff)$ dan $(a/2)$, karena $(h - a/2)$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai

dengan teori statistika, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari (h.eff) dan (a/2). Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Menghitung nilai koefisien variasi (a/2) dengan menggunakan Persamaan 3.125 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_{a/2} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2} \\ &= \sqrt{0,1954^2 + 0,0235^2 + 0,1400^2} \\ &= 0,2416 \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari a/2 menggunakan Persamaan 3.126 dan nilai standar deviasi dari h.eff menggunakan Persamaan 3.77 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sigma_{a/2} &= \left(\frac{\bar{a}}{2}\right) \times V_{a/2} \\ &= \left(\frac{0,8100}{2}\right) \times 0,2416 \\ &= 0,0978 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{h.eff} &= \overline{h.eff} \times V_{h.eff} \\ &= 7,9759 \times 0,0381 \\ &= 0,3035 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari (h.eff) dan (a/2), nilai standar deviasi dari (h – a/2) dihitung menggunakan Persamaan 3.127 dan nilai koefisien variasi dari (h – a/2) dihitung menggunakan Persamaan 3.128 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sigma_{h-a/2} &= \sqrt{\sigma_{h.eff}^2 + \sigma_{a/2}^2} \\ &= \sqrt{0,3035^2 + 0,0978^2} \\ &= 0,3189 \\ V_{h-a/2} &= \frac{\sigma_{h-a/2}}{\left(\overline{h.eff} - \frac{\bar{a}}{2}\right)} \\ &= \frac{0,3189}{\left(7,9759 - \frac{0,8100}{2}\right)} \\ &= 0,0421 \end{aligned}$$

f. Koefisien variasi momen nominal

Menghitung koefisien variasi momen nominal menggunakan Persamaan 3.129,

$$\begin{aligned} V_{M_n} &= \sqrt{V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{\left(h-\frac{a}{2}\right)}^2} \\ &= \sqrt{0,0235^2 + 0,1400^2 + 0,0421^2} \\ &= 0,1481 \end{aligned}$$

2. Koefisien Variasi Momen Lentur Pelat Arah Y

a. Koefisien variasi mutu beton terpakai

$$\begin{aligned} V_{fc} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum f'cr^2 - (\sum f'cr)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f'cr}} \\ &= \frac{56,6672}{289,9560} \\ &= 0,1954 \end{aligned}$$

b. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpakai

$$\begin{aligned} V_{fy} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum fy^2 - (\sum fy)^2}{n(n-1)}}}{\bar{fy}} \\ &= \frac{8,7369}{372,2733} \\ &= 0,0235 \end{aligned}$$

c. Koefisien variasi tinggi efektif pelat terpasang

$$\begin{aligned} V_{h,eff} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum h,eff^2 - (\sum h,eff)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h,eff}} \\ &= \frac{0,3035}{7,9759} \\ &= 0,0381 \end{aligned}$$

d. Koefisien variasi luas tulangan terukur

$$\begin{aligned} V_{Ast} &= \frac{\sqrt{\frac{n \sum Ast^2 - (\sum Ast)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Ast}} \\ &= \frac{0,6161}{4,5006} \\ &= 0,1362 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Ast} &= \sqrt{V_{Ast d}^2 + V_{Asp}^2} \\
 &= \sqrt{0,1362^2 + 0,03^2} \\
 &= 0,1395
 \end{aligned}$$

e. Koefisien variasi $(h - a/2)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $(h - a/2)$ perlu menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut terlebih dahulu yaitu (h_{eff}) dan $(a/2)$, karena $(h - a/2)$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan $(a/2)$. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Menghitung nilai koefisien variasi $(a/2)$ dengan menggunakan Persamaan 3.125 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{a/2} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2} \\
 &= \sqrt{0,1954^2 + 0,0235^2 + 0,1395^2} \\
 &= 0,2413
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari $a/2$ menggunakan Persamaan 3.126 dan nilai standar deviasi dari h_{eff} menggunakan Persamaan 3.77 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{a/2} &= \left(\frac{\bar{a}}{2}\right) \times V_{a/2} \\
 &= \left(\frac{0,6934}{2}\right) \times 0,2413 \\
 &= 0,0836
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{h_{eff}} &= \overline{h_{eff}} \times V_{h_{eff}} \\
 &= 7,9759 \times 0,0381 \\
 &= 0,3035
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari (h_{eff}) dan $(a/2)$, nilai standar deviasi dari $(h - a/2)$ dihitung menggunakan Persamaan 3.127 dan nilai koefisien variasi dari $(h - a/2)$ dihitung menggunakan Persamaan 3.128 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\sigma_{h-a/2} &= \sqrt{\sigma_{h.eff}^2 + \sigma_{a/2}^2} \\
&= \sqrt{0,3035^2 + 0,0836^2} \\
&= 0,3148 \\
V_{h-a/2} &= \frac{\sigma_{h-a/2}}{\left(\frac{h.eff - \frac{a}{2}}{2}\right)} \\
&= \frac{0,3148}{\left(7,9759 - \frac{0,6934}{2}\right)} \\
&= 0,0413
\end{aligned}$$

f. Koefisien variasi momen nominal

Menghitung koefisien variasi momen nominal menggunakan Persamaan 3.129,

$$\begin{aligned}
V_{Mn} &= \sqrt{V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{\left(h-\frac{a}{2}\right)}^2} \\
&= \sqrt{0,0235^2 + 0,1395^2 + 0,0413^2} \\
&= 0,1473
\end{aligned}$$

5.5.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur

Momen Lentur Pelat (V_R lentur pelat)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok (V_R lentur balok) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36 yang dikombinasikan dengan nilai V_P , dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3 yang disesuaikan dengan gaya dalam yang diperhitungkan.

1. Koefisien Variasi Momen Pelat Arah X

$$\begin{aligned}
V_{R \text{ lentur pelat}} &= \sqrt{V_{Mn}^2 + V_P^2} \\
&= \sqrt{0,1481^2 + 0,04^2} \\
&= 0,1534
\end{aligned}$$

2. Koefisien Variasi Momen Pelat Arah Y

$$\begin{aligned}
V_{R \text{ lentur pelat}} &= \sqrt{V_{Mn}^2 + V_P^2} \\
&= \sqrt{0,1473^2 + 0,04^2}
\end{aligned}$$

$$= 0,1527$$

Untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur pelat (V_R lentur pelat) didapatkan nilai yang relatif rendah untuk arah X yaitu sebesar 0,1534, sedangkan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur untuk arah Y sebesar 0,1527. Hal tersebut menunjukkan data yang ada dan didapatkan di lapangan masih terdapat perbedaan dengan yang direncanakan sehingga nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok (V_R lentur balok) menjadi relatif tinggi.

5.5.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Pelat

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, perhitungan nilai ϕ dapat dilanjutkan dengan menggunakan Persamaan 3.21, dimana nilai β (ukuran kehandalan bagian struktur) adalah 3,5 untuk perhitungan momen lentur dan α yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,75.

1. Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Arah X

$$\begin{aligned}\phi &= \gamma_{R \text{ lentur pelat}} \times \left[e^{-\beta \alpha V_{R \text{ lentur pelat}}} \right] \\ &= 1,0078 \times \left[e^{-(3,5 \times 0,75 \times 0,1534)} \right] \\ &= 0,6738\end{aligned}$$

2. Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Arah Y

$$\begin{aligned}\phi &= \gamma_{R \text{ lentur pelat}} \times \left[e^{-\beta \alpha V_{R \text{ lentur pelat}}} \right] \\ &= 1,0062 \times \left[e^{-(3,5 \times 0,75 \times 0,1527)} \right] \\ &= 0,6739\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ pada momen lentur pelat didapatkan sebesar 0,6738 untuk momen lentur arah X, sedangkan untuk momen lentur arah Y sebesar 0,6739. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pelat A1 pada Proyek C masih berada dalam batas aman SNI 2019, dimana batas aman nilai ϕ untuk momen lentur adalah 0,65 – 0,90. Dengan hasil perhitungan nilai ϕ tersebut menunjukkan bahwa

pelaksanaan di lapangan pada Proyek C masih terdapat beberapa perbedaan dengan yang telah direncanakan.

5.6 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ

Setelah dilakukan contoh perhitungan pada sub bab sebelumnya, dilanjutkan dengan merekapitulasi hasil perhitungan pada sub bab ini. Berdasarkan persamaan 3.21 nilai ϕ ditentukan oleh nilai perbandingan kekuatan di lapangan dengan kekuatan rencana (γ_R) dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R). Pada sub bab ini akan membahas tentang hubungan hasil perbandingan kekuatan di lapangan dengan kekuatan rencana (γ_R) dengan nilai ϕ yang dihasilkan dan juga pada bab ini akan membahas tentang hubungan koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) dengan nilai ϕ yang dihasilkan.

5.6.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Setelah dilakukan perhitungan pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil nilai (γ_R) dan nilai (V_R) dari perhitungan momen lentur balok setiap komponen balok sebagai berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	1,1056	1,3838	0,0855
	0,9006	1,1953	0,1078
	0,9372	1,2008	0,0944
	0,8382	1,1865	0,1324
	0,9122	1,2179	0,1101
	0,8715	1,1962	0,1206
	0,9401	1,2914	0,1209
	0,8236	1,1886	0,1397

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,9006	1,2094	0,1123
	0,7807	1,1443	0,1457
	0,9006	1,2094	0,1123
	0,7807	1,1443	0,1457
	0,7379	1,2445	0,1991
	0,7214	1,2397	0,2063
	0,7530	1,2417	0,1905
	0,6118	1,2172	0,2621
	0,9051	1,1836	0,1022
	0,8311	1,1748	0,1318
	0,8760	1,1761	0,1122
	0,8381	1,1694	0,1269
	0,7875	1,0657	0,1153
	0,7764	1,0652	0,1205
	0,8041	1,0626	0,1062
	0,6526	1,0609	0,1851
	0,9385	1,2148	0,0983
	0,8467	1,1980	0,1322
	0,8906	1,2012	0,1140
	0,8109	1,1859	0,1448
	0,9578	1,3886	0,1415
	0,8940	1,3439	0,1553
	0,9622	1,3910	0,1404
	0,8942	1,3409	0,1544
	0,9494	1,2002	0,0893

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,9494	1,2002	0,0893
	0,9518	1,2034	0,0894
	0,9518	1,2034	0,0894
	0,8008	1,0593	0,1066
	0,6605	1,0557	0,1786
	0,7229	1,0466	0,1409
	0,7232	1,0465	0,1407
	0,8909	1,2232	0,1208
	0,7522	1,2204	0,1844
	0,8197	1,2192	0,1512
	0,8197	1,2192	0,1512
	0,7635	1,0597	0,1249
Proyek B	0,5878	1,0387	0,2169
	0,7637	1,0600	0,1249
	0,5880	1,0390	0,2169
	0,7511	1,0837	0,1397
	0,6670	1,0574	0,1755
	0,7731	1,0910	0,1312
	0,6911	1,0644	0,1645
Proyek C	0,8904	1,1941	0,1118
	0,8102	1,1879	0,1458
	0,8902	1,1938	0,1118
	0,8100	1,1876	0,1458
	0,8717	1,1932	0,1196
	0,7727	1,1853	0,1630

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok

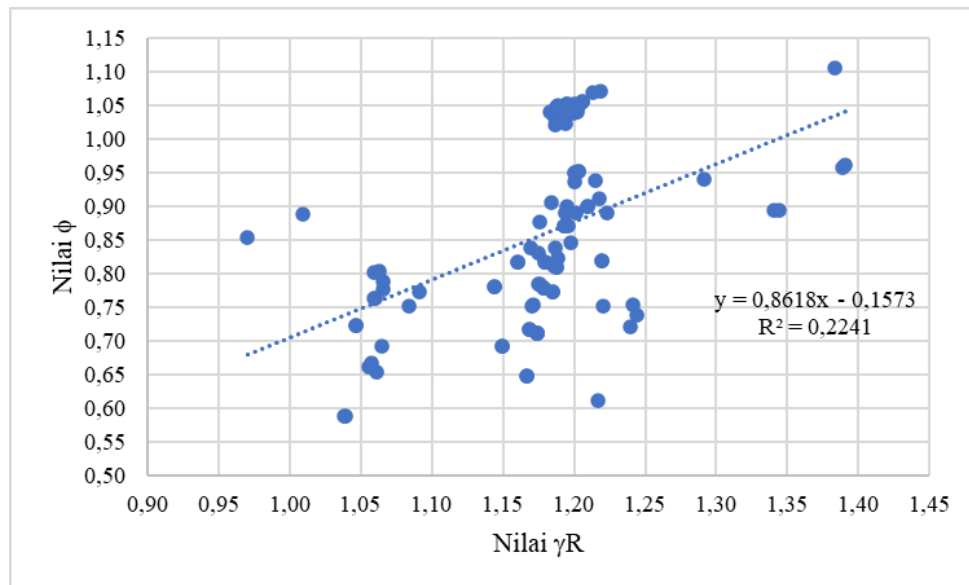
Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek C	0,8716	1,1930	0,1196
	0,7726	1,1851	0,1630
	0,8167	1,1793	0,1400
	0,7162	1,1684	0,1864
	0,8167	1,1794	0,1400
	0,7163	1,1685	0,1864
	0,7839	1,1758	0,1545
	0,7529	1,1713	0,1684
	0,7833	1,1750	0,1545
	0,7523	1,1706	0,1684
	0,7785	1,1783	0,1579
	0,6484	1,1671	0,2239
	0,7785	1,1783	0,1579
	0,6484	1,1671	0,2239
	0,8163	1,1600	0,1338
	0,6919	1,1490	0,1932
	0,8163	1,1600	0,1338
	0,6919	1,1490	0,1932
	0,7113	1,1742	0,1910
	0,7113	1,1742	0,1910
	0,7114	1,1743	0,1910
	0,7114	1,1743	0,1910
Proyek D	1,0711	1,2183	0,0490
	1,0221	1,1863	0,0568
	1,0524	1,2010	0,0503

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Balok

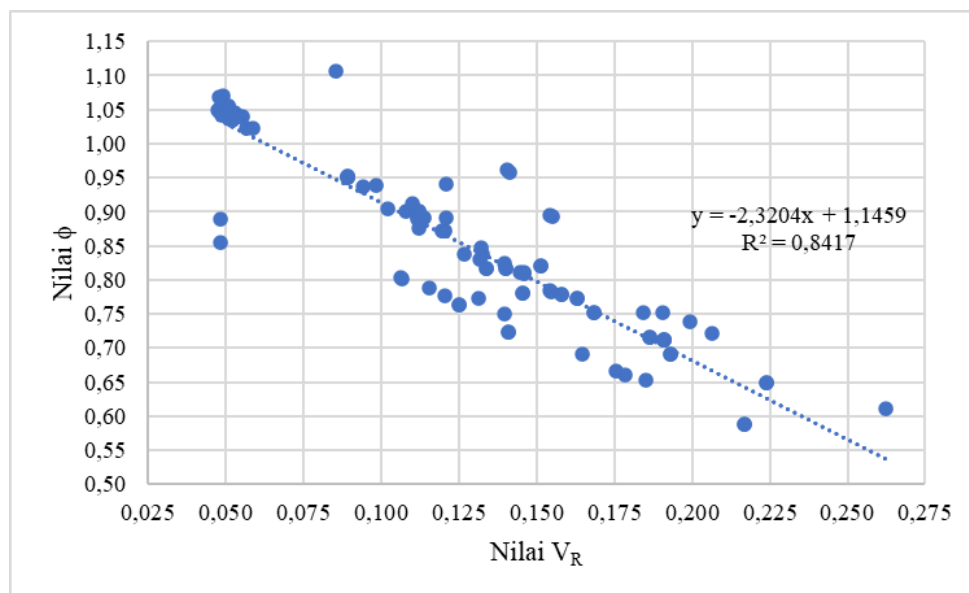
Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek D	1,0514	1,1999	0,0503
	1,0560	1,2061	0,0506
	1,0560	1,2061	0,0506
	1,0692	1,2127	0,0480
	1,0545	1,2053	0,0509
	1,0402	1,2024	0,0552
	0,8891	1,0088	0,0481
	1,0513	1,1947	0,0487
	1,0513	1,1947	0,0487
	1,0458	1,2019	0,0530
	0,8546	0,9701	0,0483
	1,0524	1,1947	0,0483
	1,0492	1,1889	0,0476
	1,0390	1,1992	0,0546
	1,0474	1,1878	0,0479
	1,0475	1,1887	0,0482
	1,0375	1,1922	0,0530
	1,0232	1,1941	0,0588
	1,0347	1,1862	0,0520
	1,0397	1,1864	0,0503
	1,0410	1,1834	0,0489

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada tabel 5.1 di atas hubungan antara nilai ϕ momen lentur balok dengan nilai perbandingan kekuatan di lapangan dengan

kekuatan rencana (γ_R) dan hubungan antara nilai ϕ momen lentur balok dengan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) disajikan dalam grafik-grafik berikut.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Momen Lentur Balok dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Momen Lentur Balok dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)

Berdasarkan gambar 5.7 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier naik ke atas dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ momen lentur balok berbanding lurus dengan nilai γ_R yang berarti ketika nilai γ_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena γ_R merupakan perbandingan antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana dan berdasarkan persamaan 3.21, ketika nilai γ_R semakin besar maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin besar. Adapun didapati pada proyek D data ke-14 nilai γ_R ada di bawah 1 yaitu 0,9701, hal tersebut disebabkan jumlah tulangan pada daerah desak di daerah tumpuan balok G13 yang dipasang di lapangan berbeda dengan yang sudah direncanakan.

Sedangkan pada gambar 5.8 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier turun dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ momen lentur balok berbanding terbalik dengan nilai V_R yang berarti ketika nilai V_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena V_R merupakan koefisien variasi dari kekuatan penampang yang menunjukkan keseragaman data, dengan semakin besarnya nilai V_R hal tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pekerjaan di lapangan semakin berbeda dengan yang direncanakan dan berdasarkan persamaan 3.21 nilai V_R merupakan pangkat negatif eksponensial, dengan semakin besarnya nilai pangkat negatif eksponensial maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin kecil.

5.6.2 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok

Setelah dilakukan perhitungan pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil nilai (γ_R) dan nilai (V_R) dari perhitungan gaya geser balok setiap komponen balok sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,8194	1,3398	0,1639
	0,8163	1,3324	0,1633
	0,7972	1,3427	0,1738
	0,7838	1,4380	0,2023
	0,7131	1,3519	0,2132
	0,7419	1,3255	0,1935
	0,6692	1,3664	0,2380
	0,7296	1,3244	0,1987
	0,8205	1,3540	0,1670
	0,4800	0,7856	0,1643
	0,8384	1,3659	0,1627
	0,8297	1,3548	0,1635
	0,8676	1,5191	0,1867
	0,8276	1,4129	0,1783
	0,8410	1,4806	0,1885
	0,8692	1,4815	0,1778
	0,7919	1,3023	0,1658
	0,7929	1,3007	0,1650
	0,6921	1,1431	0,1673
	0,8383	1,3813	0,1664
	0,8035	1,4118	0,1879
	0,8212	1,3935	0,1763
Proyek B	0,8632	1,5382	0,1926
	0,8095	1,4078	0,1845
	0,8919	1,5928	0,1933

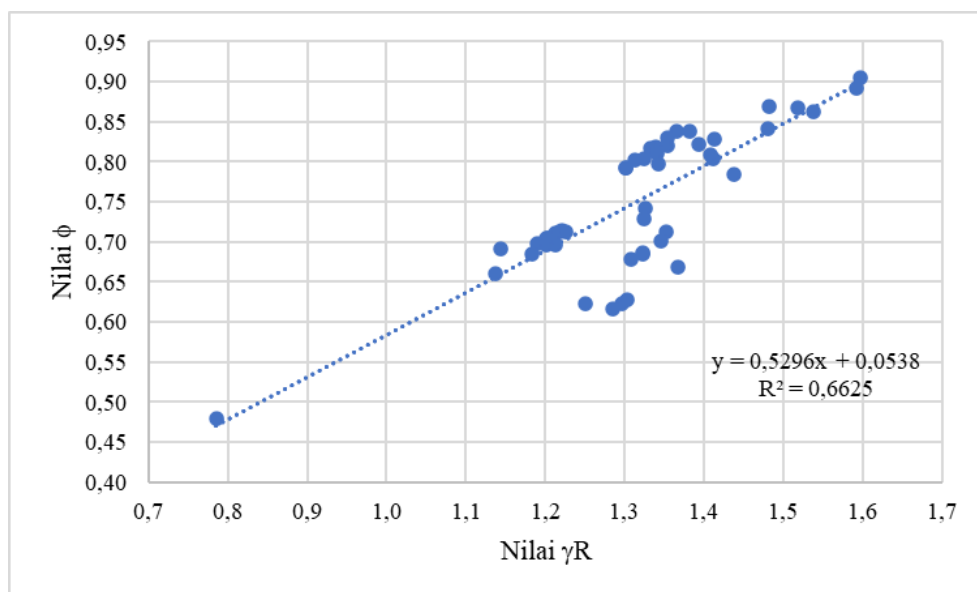
Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek B	0,9058	1,5977	0,1892
Proyek C	0,6973	1,1905	0,1783
	0,6845	1,1830	0,1823
	0,7142	1,2212	0,1788
	0,6978	1,2017	0,1812
	0,7130	1,2171	0,1782
	0,7018	1,2011	0,1791
	0,7108	1,2130	0,1781
	0,7051	1,2037	0,1783
	0,6970	1,2021	0,1817
	0,6961	1,2129	0,1851
	0,7128	1,2263	0,1808
	0,6598	1,1380	0,1817
	0,7038	1,2014	0,1783
	0,7053	1,2035	0,1781
Proyek D	0,8105	1,3414	0,1680
	0,8034	1,3241	0,1665
	0,8115	1,3401	0,1672
	0,8027	1,3127	0,1640
	0,6864	1,3236	0,2189
	0,6228	1,2959	0,2443
	0,6856	1,3221	0,2189
	0,6280	1,3036	0,2435
	0,7015	1,3462	0,2173
	0,6237	1,2507	0,2319

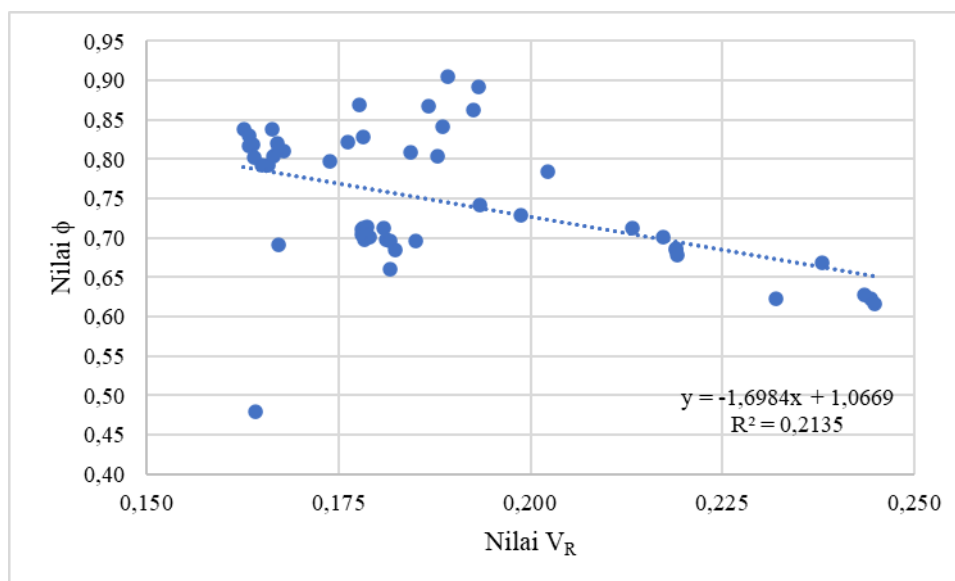
Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Balok

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek D	0,6778	1,3081	0,2192
	0,6166	1,2854	0,2449

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada tabel 5.2 di atas hubungan antara nilai ϕ gaya geser balok dengan nilai perbandingan kekuatan di lapangan dengan kekuatan rencana (γ_R) dan hubungan antara nilai ϕ gaya geser balok dengan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) disajikan dalam grafik-grafik berikut.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Gaya Geser Balok dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Gaya Geser Balok dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)

Berdasarkan gambar 5.9 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier naik ke atas dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ gaya geser balok berbanding lurus dengan nilai γ_R yang berarti ketika nilai γ_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena γ_R merupakan perbandingan antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana dan berdasarkan persamaan 3.21, ketika nilai γ_R semakin besar maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin besar. Adapun pada proyek A data ke-10 nilai γ_R berada di bawah 1 yaitu 0,7856, hal tersebut disebabkan oleh pemasangan jarak tulangan sengkang pada lapangan lebih longgar dibandingkan dengan yang direncanakan sehingga menyebabkan kekuatan penampang lapangan lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan penampang rencana.

Sedangkan pada gambar 5.10 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier turun dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ gaya geser balok berbanding terbalik dengan nilai V_R yang berarti ketika nilai V_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena V_R merupakan koefisien variasi dari kekuatan penampang yang menunjukkan keseragaman data, dengan semakin besarnya nilai

V_R hal tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pekerjaan di lapangan semakin berbeda dengan yang direncanakan dan berdasarkan persamaan 3.21 nilai V_R merupakan pangkat negatif eksponensial, dengan semakin besarnya nilai pangkat negatif eksponensial maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin kecil.

5.6.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom

Setelah dilakukan perhitungan pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil nilai (γ_R) dan nilai (V_R) dari perhitungan gaya aksial kolom setiap komponen kolom sebagai berikut.

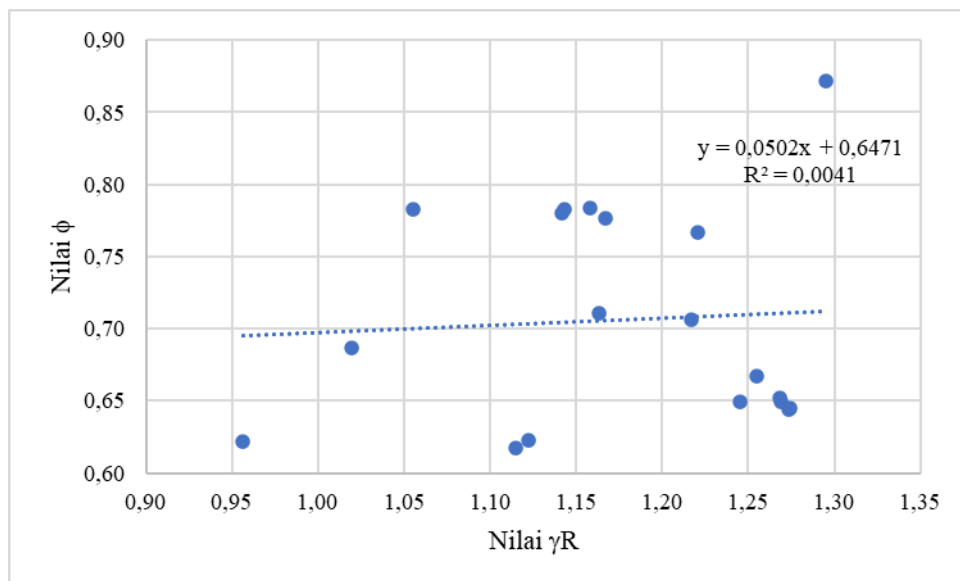
Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,7825	1,1434	0,1264
	0,7764	1,1668	0,1358
	0,8714	1,2949	0,1320
	0,7104	1,1631	0,1320
	0,7827	1,0556	0,1320
	0,7798	1,1414	0,1270
	0,7836	1,1581	0,1302
Proyek B	0,6217	0,9562	0,1435
	0,6870	1,0194	0,1315
Proyek C	0,7670	1,2207	0,1549
	0,6492	1,2450	0,2170
Proyek D	0,6178	1,1151	0,1968
	0,6228	1,1225	0,1963
	0,7059	1,2166	0,1814
	0,6524	1,2680	0,2215
	0,6446	1,2742	0,2272

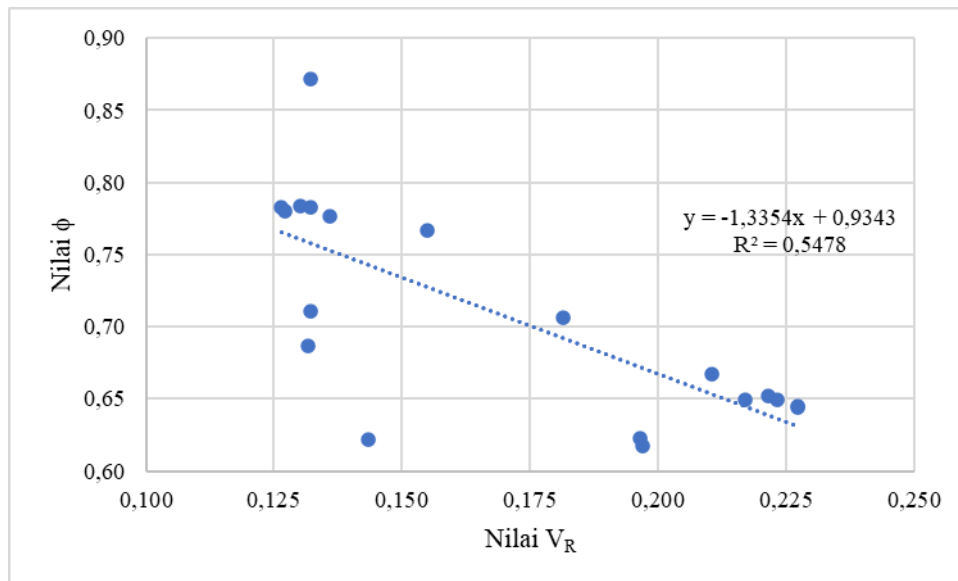
Lanjutan Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek D	0,6443	1,2736	0,2272
	0,6673	1,2549	0,2105
	0,6496	1,2689	0,2232

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada tabel 5.3 di atas hubungan antara nilai ϕ gaya aksial kolom dengan nilai perbandingan kekuatan di lapangan dengan kekuatan rencana (γ_R) dan hubungan antara nilai ϕ gaya aksial kolom dengan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) disajikan dalam grafik-grafik berikut.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)

Berdasarkan gambar 5.11 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier naik ke atas dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ gaya aksial kolom berbanding lurus dengan nilai γ_R yang berarti ketika nilai γ_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena γ_R merupakan perbandingan antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana dan berdasarkan persamaan 3.21, ketika nilai γ_R semakin besar maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin besar.

Sedangkan pada gambar 5.12 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier turun dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ gaya aksial kolom berbanding terbalik dengan nilai V_R yang berarti ketika nilai V_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena V_R merupakan koefisien variasi dari kekuatan penampang yang menunjukkan keseragaman data, dengan semakin besarnya nilai V_R hal tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pekerjaan di lapangan semakin berbeda dengan yang direncanakan dan berdasarkan persamaan 3.21 nilai V_R merupakan pangkat negatif eksponensial, dengan semakin besarnya nilai pangkat negatif eksponensial maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin kecil.

5.6.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom

Setelah dilakukan perhitungan pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil nilai (γ_R) dan nilai (V_R) dari perhitungan gaya geser kolom setiap komponen kolom sebagai berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,6166	1,0722	0,1844
	0,7811	1,3481	0,1819
	0,6166	1,0722	0,1844
	0,7811	1,3481	0,1819
	0,7869	1,3889	0,1894
	0,7811	1,3481	0,1819
	0,7869	1,3889	0,1894
	0,7811	1,3481	0,1819
	0,6634	1,1192	0,1743
	0,7371	1,2294	0,1705
	0,5965	1,0038	0,1735
	0,6734	1,1243	0,1709
	0,8363	1,4073	0,1735
	0,8508	1,4205	0,1708
	0,8323	1,4004	0,1735
	0,8470	1,4141	0,1709
	0,7968	1,3407	0,1735
	0,7948	1,3269	0,1709
	0,7365	1,2393	0,1735
	0,7492	1,2509	0,1708

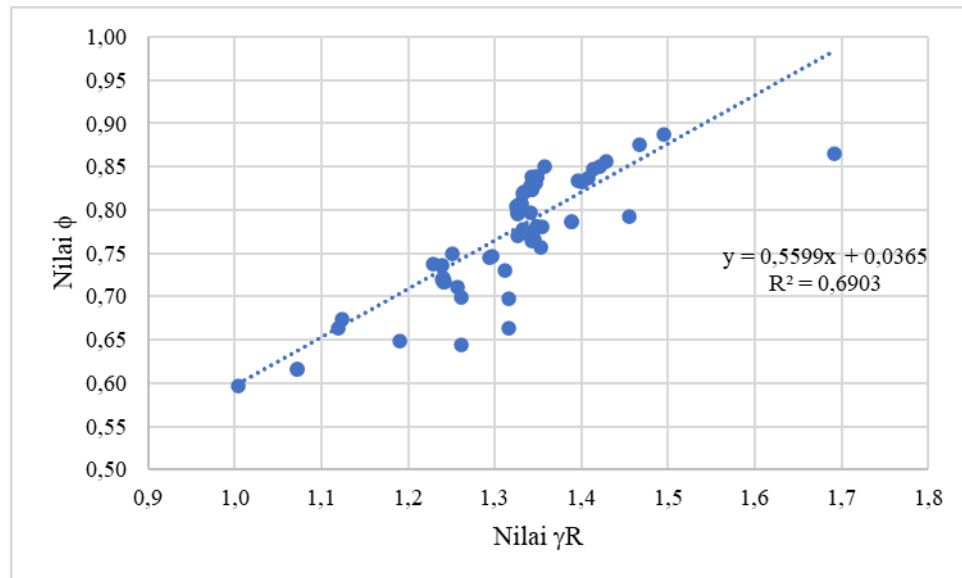
Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,7705	1,3413	0,1848
	0,7781	1,3325	0,1793
	0,7570	1,3530	0,1936
	0,7801	1,3548	0,1840
	0,8760	1,4669	0,1719
	0,8341	1,3965	0,1718
	0,8877	1,4956	0,1739
	0,8563	1,4280	0,1704
Proyek B	0,7638	1,3426	0,1880
	0,7447	1,2941	0,1842
	0,7659	1,3463	0,1880
	0,7465	1,2973	0,1842
Proyek C	0,6481	1,1901	0,2026
	0,7925	1,4554	0,2026
	0,6448	1,2617	0,2238
	0,8647	1,6920	0,2238
	0,7204	1,2399	0,1810
	0,7170	1,2409	0,1828
	0,7210	1,2409	0,1810
	0,7175	1,2417	0,1828
	0,6973	1,3156	0,2116
	0,6631	1,3158	0,2284
	0,7109	1,2565	0,1899
	0,6997	1,2611	0,1964
Proyek D	0,8381	1,3480	0,1584

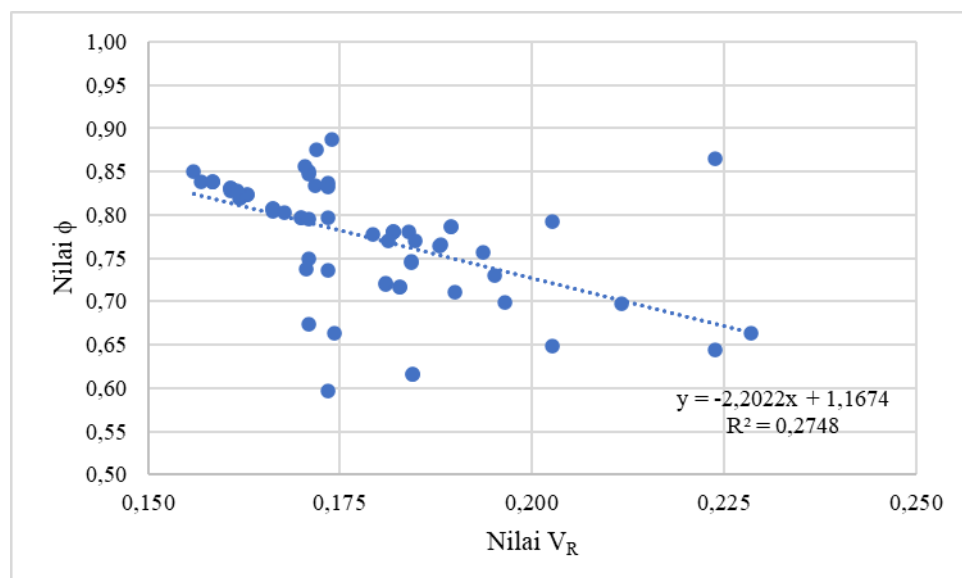
Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Gaya Geser Kolom

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek D	0,8193	1,3319	0,1620
	0,8282	1,3417	0,1608
	0,8048	1,3255	0,1663
	0,7701	1,3266	0,1813
	0,7303	1,3116	0,1952
	0,8501	1,3572	0,1560
	0,8381	1,3420	0,1569
	0,8311	1,3464	0,1608
	0,8077	1,3303	0,1663
	0,8235	1,3427	0,1630
	0,7969	1,3266	0,1699
	0,8304	1,3454	0,1608
	0,8071	1,3292	0,1663
	0,8237	1,3430	0,1630
	0,7970	1,3267	0,1699
	0,8388	1,3493	0,1584
	0,8201	1,3334	0,1620
	0,8307	1,3458	0,1608
	0,8073	1,3296	0,1663
	0,8386	1,3490	0,1584
	0,8199	1,3331	0,1620
	0,8279	1,3446	0,1617
	0,8031	1,3283	0,1677

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada tabel 5.4 di atas hubungan antara nilai ϕ gaya geser kolom dengan nilai perbandingan kekuatan di lapangan dengan kekuatan rencana (γ_R) dan hubungan antara nilai ϕ gaya geser kolom dengan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) disajikan dalam grafik-grafik berikut.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Gaya Geser Kolom dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)



Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Gaya Geser Kolom dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)

Berdasarkan gambar 5.13 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier naik ke atas dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ gaya geser kolom berbanding lurus dengan nilai γ_R yang berarti ketika nilai γ_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena γ_R merupakan perbandingan antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana dan berdasarkan persamaan 3.21, ketika nilai γ_R semakin besar maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin besar.

Sedangkan pada gambar 5.14 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier turun dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ gaya geser kolom berbanding terbalik dengan nilai V_R yang berarti ketika nilai V_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena V_R merupakan koefisien variasi dari kekuatan penampang yang menunjukkan keseragaman data, dengan semakin besarnya nilai V_R hal tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pekerjaan di lapangan semakin berbeda dengan yang direncanakan dan berdasarkan persamaan 3.21 nilai V_R merupakan pangkat negatif eksponensial, dengan semakin besarnya nilai pangkat negatif eksponensial maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin kecil.

5.6.5 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat

Setelah dilakukan perhitungan pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil nilai (γ_R) dan nilai (V_R) dari perhitungan momen lentur pelat setiap komponen pelat sebagai berikut.

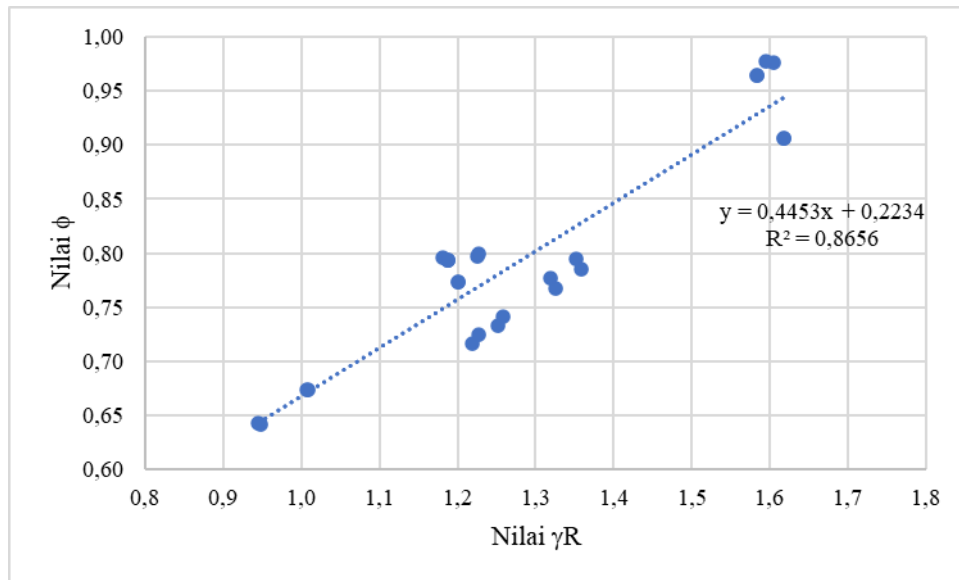
Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,7329	1,2509	0,2037
	0,7857	1,3587	0,2087

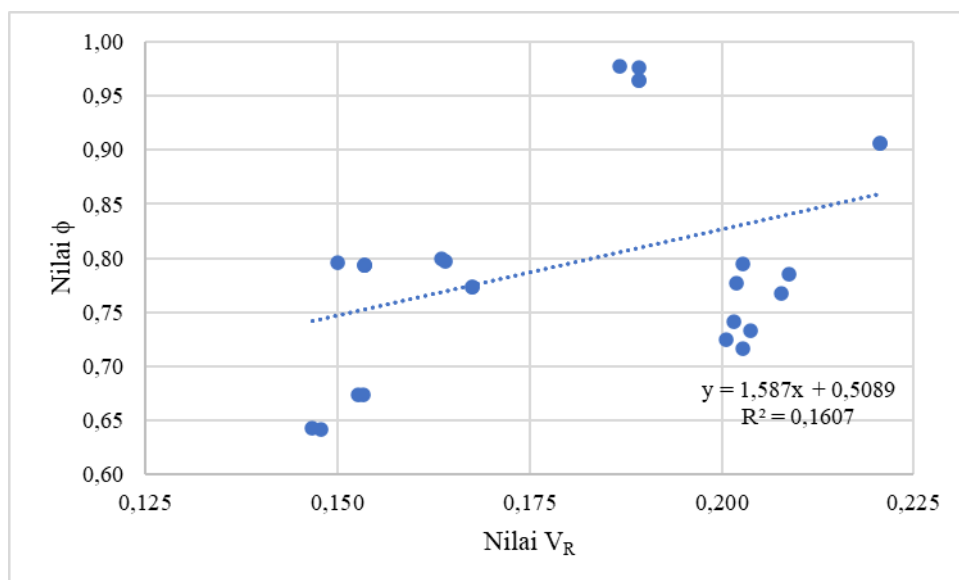
Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Nilai ϕ Momen Lentur Pelat

Proyek	Nilai ϕ	Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)	Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)
Proyek A	0,7414	1,2585	0,2016
	0,7944	1,3525	0,2027
	0,7160	1,2191	0,2027
	0,7680	1,3251	0,2078
	0,7243	1,2265	0,2006
	0,7765	1,3190	0,2018
Proyek B	0,9067	1,6175	0,2205
	0,9640	1,5839	0,1891
	0,9067	1,6175	0,2205
	0,9640	1,5839	0,1891
	0,9760	1,6040	0,1893
	0,9771	1,5949	0,1867
Proyek C	0,6738	1,0078	0,1534
	0,6739	1,0062	0,1527
	0,6422	0,9469	0,1479
	0,6427	0,9446	0,1467
Proyek D	0,7738	1,2011	0,1675
	0,7939	1,1878	0,1535
	0,7964	1,1808	0,1501
	0,7939	1,1878	0,1535
	0,7939	1,1878	0,1535
	0,7738	1,2011	0,1675
	0,7966	1,2254	0,1641
	0,7990	1,2272	0,1635

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada tabel 5.5 di atas hubungan antara nilai ϕ momen lentur pelat dengan nilai perbandingan kekuatan di lapangan dengan kekuatan rencana (γ_R) dan hubungan antara nilai ϕ momen lentur pelat dengan nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) disajikan dalam grafik-grafik berikut.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Momen Lentur Pelat dengan Nilai Perbandingan Kekuatan Lapangan dengan Kekuatan Rencana (γ_R)



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Antara Nilai ϕ Momen Lentur Pelat dengan Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang (V_R)

Berdasarkan gambar 5.15 terlihat garis *trendline* dari grafik yang berbentuk linier naik ke atas dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ momen lentur pelat berbanding lurus dengan nilai γ_R yang berarti ketika nilai γ_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut karena γ_R merupakan perbandingan antara kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana dan berdasarkan persamaan 3.21, ketika nilai γ_R semakin besar maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin besar.

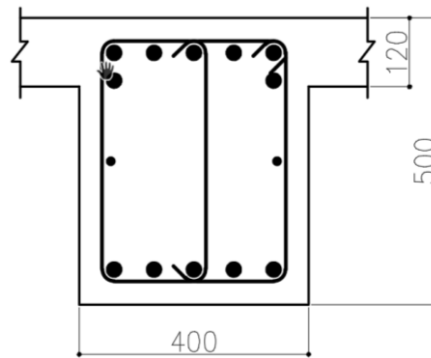
Sedangkan pada gambar 5.16 garis *trendline* dari grafik berbentuk linier naik dari kiri ke kanan yang menunjukkan bahwa nilai ϕ momen lentur pelat berbanding lurus dengan nilai V_R yang berarti ketika nilai V_R semakin tinggi maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin tinggi juga dan begitu sebaliknya. Adapun hal ini disebabkan karena nilai V_R pada momen lentur pelat paling besar dipengaruhi oleh jarak penulangannya, ketika jarak penulangan pelat yang diterapkan di lapangan lebih rapat dibandingkan dengan yang direncanakan, akan menjadikan nilai V_R semakin besar, dengan jarak penulangan pelat yang diterapkan di lapangan semakin rapat dibandingkan rencana, maka akan menjadikan nilai ϕ semakin tinggi. Hal tersebut menyebabkan hubungan nilai V_R dan nilai ϕ pada momen lentur pelat memiliki *trendline* yang berbeda dengan *trendline* pada momen lentur balok, gaya geser balok, gaya aksial kolom, dan gaya geser kolom.

5.7 Perhitungan Nilai ϕ Berdasarkan Nilai Regangan Baja Tulangan Tarik

Perhitungan nilai ϕ yang dilakukan berdasarkan analisis nilai regangan baja tulangan tarik (ε_t) dilakukan pada komponen balok, kolom, dan pelat. Untuk komponen balok dan pelat dilakukan perhitungan pada analisis momen lenturnya, untuk komponen kolom dilakukan pada analisis gaya aksialnya.

5.7.1 Analisis Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu data rencana/teoritis dan data nyata/lapangan pada komponen balok, dilakukan contoh perhitungan pada balok B1 proyek A sebagai berikut.



Gambar 5.1 Detail Balok B1 Proyek A

1. Analisis nilai ϕ momen lentur balok teoritis
 - a. Menghitung jarak garis netral dari tepi desak balok teoritis (c) dengan menggunakan persamaan 3.38,

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{7,2853}{0,8357} \\
 &= 8,7174 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung regangan baja tulangan tarik teoritis (ε_t) dengan menggunakan persamaan 3.40,

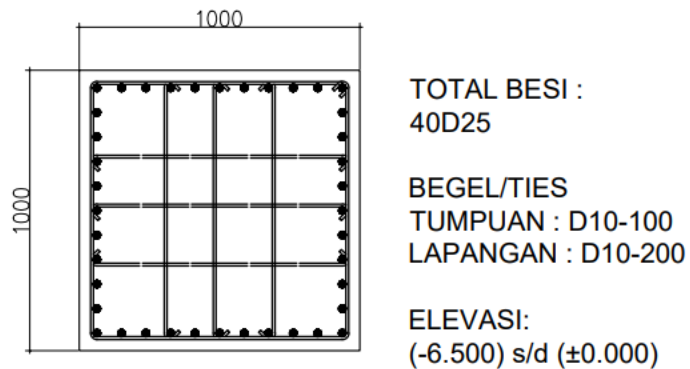
$$\begin{aligned}
 \varepsilon_t &= \frac{h_{eff} - c}{c} \times \varepsilon_c \\
 &= \frac{41,25 - 8,7174}{8,7174} \times 0,003 \\
 &= 0,0111957 \geq 0,005
 \end{aligned}$$

Karena nilai $\varepsilon_t \geq 0,005$, maka komponen struktur dianggap terkontrol tarik (*tension-controlled*) dan nilai $\phi = 0,9$.

Kemudian perhitungan dilakukan pada setiap komponen struktur balok untuk analisis nilai ϕ momen lentur teoritis. Rekapitulasi hasil analisis nilai ϕ momen lentur balok akan disajikan pada sub bab 5.8.1.

5.7.2 Analisis Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu data rencana/teoritis dan data nyata/lapangan pada komponen kolom, dilakukan contoh perhitungan pada kolom K1 proyek A sebagai berikut.



DETAIL KOLOM K1 (1000 x 1000)

Gambar 5.4 Detail Kolom K1 Proyek A

Adapun data teoritis yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 b &= 100 \text{ cm} \\
 ht &= 100 \text{ cm} \\
 dp &= 2,5 \text{ cm} \\
 ds &= 1 \text{ cm} \\
 sb &= 4 \text{ cm} \\
 d &= sb + ds + (0,5 \times dp) \\
 &= 4 + 1 + (0,5 \times 2,5) \\
 &= 6,25 \text{ cm} \\
 d' &= sb + ds + (0,5 \times dp) \\
 &= 4 + 1 + (0,5 \times 2,5) \\
 &= 6,25 \text{ cm} \\
 h.\text{eff arah X} &= b - d' \\
 &= 100 - 6,25 \\
 &= 93,75 \text{ cm} \\
 h.\text{eff arah Y} &= ht - d' \\
 &= 100 - 6,25 \\
 &= 93,75 \text{ cm} \\
 fy &= 4284 \text{ kg/cm}^2 \\
 Es &= 2100000 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_y &= \frac{fy}{Es} \\
 &= \frac{4284}{2100000} \\
 &= 0,00204
 \end{aligned}$$

1. Analisis nilai ϕ gaya aksial kolom teoritis arah X

- a. Menghitung jarak garis netral dari tepi desak balok teoritis (c) dengan menggunakan persamaan 3.38,

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{\varepsilon_c}{(\varepsilon_c + \varepsilon_y)} \times h.\text{eff arah X} \\
 &= \frac{0,003}{(0,003 + 0,00204)} \times 93,75 \\
 &= 55,8036 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung regangan baja tulangan tarik teoritis (ε_t) dengan menggunakan persamaan 3.40,

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_t &= \frac{h.\text{eff} - c}{c} \times \varepsilon_c \\
 &= \frac{93,75 - 55,8036}{55,8036} \times 0,003 \\
 &= 0,00204 = \varepsilon_y
 \end{aligned}$$

Karena nilai $\varepsilon_t = \varepsilon_y$, maka komponen struktur dianggap terkontrol tekan (*compression-controlled*) dan nilai $\phi = 0,65$.

2. Analisis nilai ϕ gaya aksial kolom teoritis arah Y

- a. Menghitung jarak garis netral dari tepi desak balok teoritis (c) dengan menggunakan persamaan 3.38,

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{\varepsilon_c}{(\varepsilon_c + \varepsilon_y)} \times h.\text{eff arah Y} \\
 &= \frac{0,003}{(0,003 + 0,00204)} \times 93,75 \\
 &= 55,8036 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung regangan baja tulangan tarik teoritis (ε_t) dengan menggunakan persamaan 3.40,

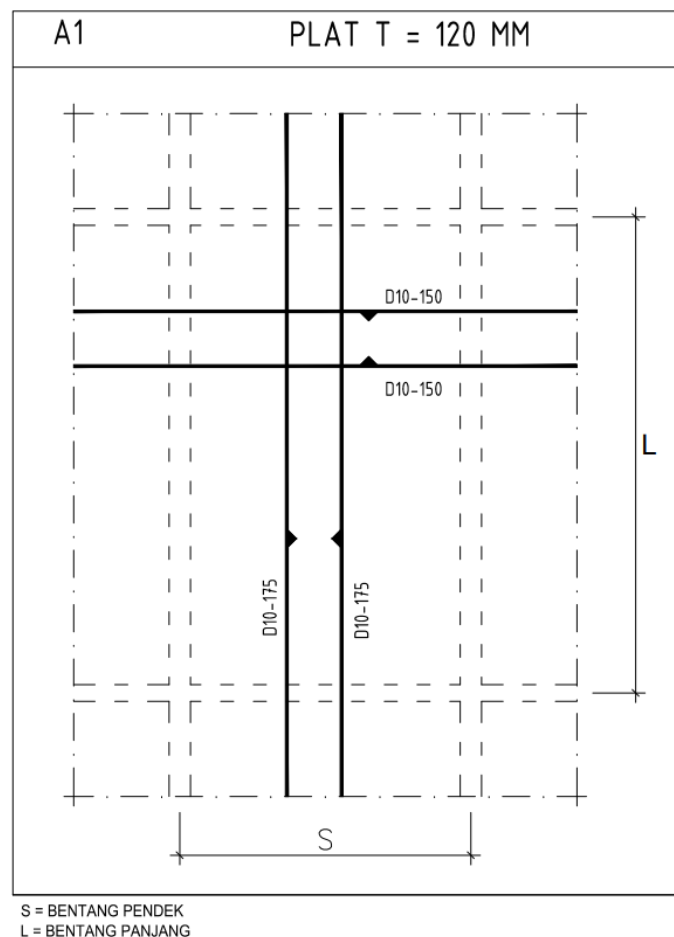
$$\begin{aligned}
 \varepsilon_t &= \frac{h.\text{eff} - c}{c} \times \varepsilon_c \\
 &= \frac{93,75 - 55,8036}{55,8036} \times 0,003 \\
 &= 0,00204 = \varepsilon_y
 \end{aligned}$$

Karena nilai $\varepsilon_t = \varepsilon_y$, maka komponen struktur dianggap terkontrol tekan (*compression-controlled*) dan nilai $\phi = 0,65$.

Kemudian perhitungan dilakukan pada setiap komponen struktur kolom untuk arah X dan arah Y untuk analisis nilai ϕ gaya aksial teoritis. Rekapitulasi hasil analisis nilai ϕ gaya aksial kolom akan disajikan pada sub bab 5.8.3.

5.7.3 Analisis Nilai ϕ Momen Lentur Pelat

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu data rencana/teoritis dan data nyata/lapangan pada komponen pelat, dilakukan contoh perhitungan pada pelat A1 proyek C sebagai berikut.



Gambar 5.6 Detail Pelat A1 Proyek C

1. Analisis nilai ϕ momen lentur pelat teoritis

- a. Menghitung jarak garis netral dari tepi desak balok teoritis (c) dengan menggunakan persamaan 3.38,

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{0,9117}{0,85} \\ &= 1,0726 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b. Menghitung regangan baja tulangan tarik teoritis (ε_t) dengan menggunakan persamaan 3.40,

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \frac{h_{eff} - c}{c} \times \varepsilon_c \\ &= \frac{8,5 - 1,0726}{1,0726} \times 0,003 \\ &= 0,020775 \geq 0,005 \end{aligned}$$

Karena nilai $\varepsilon_t \geq 0,005$, maka komponen struktur dianggap terkontrol tarik (*tension-controlled*) dan nilai $\phi = 0,9$.

Kemudian perhitungan dilakukan pada setiap komponen struktur pelat untuk analisis nilai ϕ momen lentur teoritis. Rekapitulasi hasil analisis nilai ϕ momen lentur pelat akan disajikan pada sub bab 5.8.5.

5.8 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ

Setelah dilakukan contoh perhitungan pada sub bab sebelumnya, perhitungan dilakukan pada setiap proyek dengan cara yang sama dan menyesuaikan dengan gaya dalamnya. Kemudian dilanjutkan dengan rekapitulasi dari setiap hasil perhitungan nilai ϕ dari setiap gaya dalam dari setiap proyek sebagai berikut.

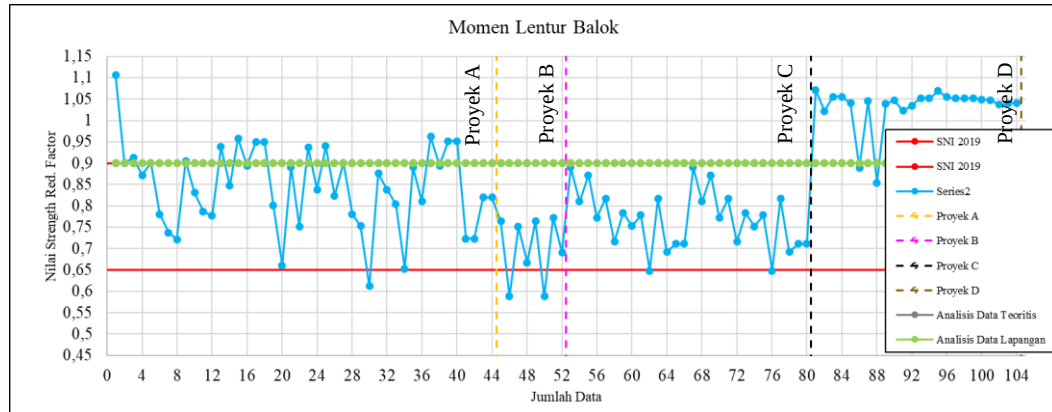
5.8.1 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Setelah dilakukan perhitungan pada setiap proyek untuk momen lentur balok, rekapitulasi hasil nilai ϕ untuk momen lentur balok disajikan dalam tabel berikut.

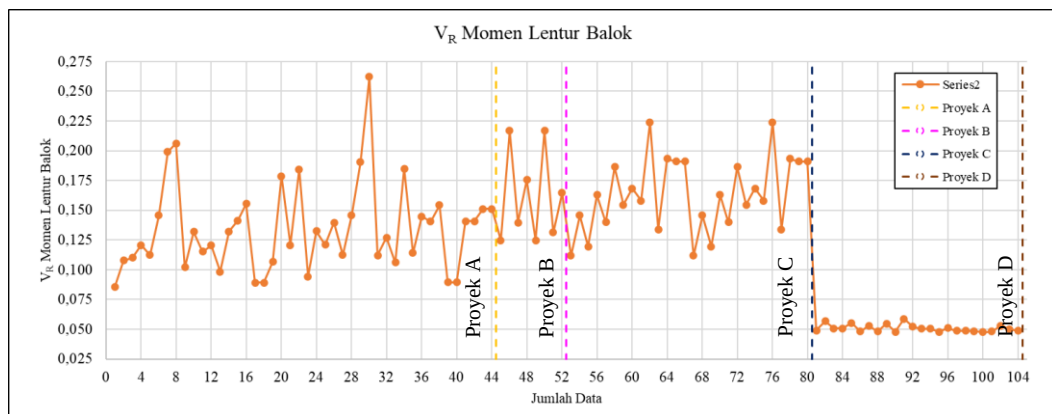
Tabel 5.6 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Balok

Tipe Balok	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>							
	Perhitungan Mac Gregor (1976)				Analisis Data Teoritis			
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan		Lapangan	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Proyek A								
B1	1,1056	0,9006	0,9372	0,8382	0,9	0,9	0,9	0,9
B9	0,9122	0,8715	0,9401	0,8236	0,9	0,9	0,9	0,9
B12	0,9006	0,7807	0,9006	0,7807	0,9	0,9	0,9	0,9
B4	0,7379	0,7214	0,7530	0,6118	0,9	0,9	0,9	0,9
B1A	0,9051	0,8311	0,8760	0,8381	0,9	0,9	0,9	0,9
B100	0,7875	0,7764	0,8041	0,6526	0,9	0,9	0,9	0,9
B12c	0,9385	0,8467	0,8906	0,8109	0,9	0,9	0,9	0,9
B42	0,9578	0,8940	0,9622	0,8942	0,9	0,9	0,9	0,9
B81	0,9494	0,9494	0,9518	0,9518	0,9	0,9	0,9	0,9
B1N	0,8008	0,6605	0,7229	0,7232	0,9	0,9	0,9	0,9
B2R	0,8909	0,7522	0,8197	0,8197	0,9	0,9	0,9	0,9
Proyek B								
BI	0,7635	0,5878	0,7637	0,5880	0,9	0,9	0,9	0,9
BA	0,7511	0,6670	0,7731	0,6911	0,9	0,9	0,9	0,9
Proyek C								
B1	0,8904	0,8102	0,8902	0,8100	0,9	0,9	0,9	0,9
B2	0,8717	0,7727	0,8716	0,7726	0,9	0,9	0,9	0,9
B3	0,8167	0,7162	0,8167	0,7163	0,9	0,9	0,9	0,9
B4	0,7839	0,7529	0,7833	0,7523	0,9	0,9	0,9	0,9
B5	0,7785	0,6484	0,7785	0,6484	0,9	0,9	0,9	0,9
B6	0,8163	0,6919	0,8163	0,6919	0,9	0,9	0,9	0,9
B7	0,7113	0,7113	0,7114	0,7114	0,9	0,9	0,9	0,9
Proyek D								
B6	1,0711	1,0221	1,0524	1,0514	0,9	0,9	0,9	0,9
B7	1,0560	1,0560	1,0692	1,0545	0,9	0,9	0,9	0,9
G12	1,0402	0,8891	1,0513	1,0513	0,9	0,9	0,9	0,9
G13	1,0458	0,8546	1,0524	1,0492	0,9	0,9	0,9	0,9
G20	1,0390	1,0474	1,0475	1,0375	0,9	0,9	0,9	0,9
G3	1,0232	1,0347	1,0397	1,0410	0,9	0,9	0,9	0,9

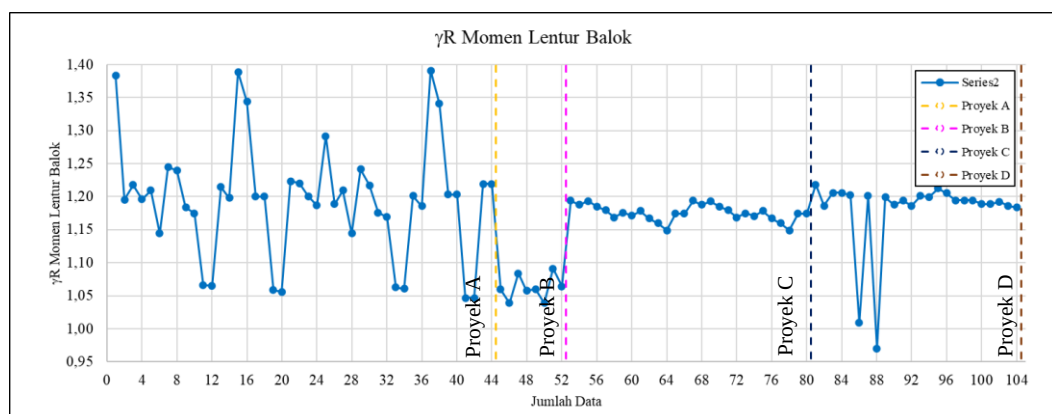
Adapun rekapitulasi disajikan juga dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 5.17 Grafik Nilai ϕ Momen Lentur Balok



Gambar 5.18 Grafik Nilai V_R Momen Lentur Balok



Gambar 5.19 Grafik Nilai γ_R Momen Lentur Balok

Berdasarkan tabel 5.6 dan gambar 5.17 terlihat bahwa nilai ϕ momen lentur balok pada proyek A didapat nilai terendah sebesar 0,6118 dan nilai tertinggi sebesar 1,1056, pada proyek B didapat nilai terendah sebesar 0,5878 dan nilai tertinggi sebesar 0,7731, pada proyek C didapat nilai terendah sebesar 0,6484 dan nilai tertinggi sebesar 0,8904, dan pada proyek D nilai terendah sebesar 0,8546 dan nilai tertinggi sebesar 1,0711. Adapun dari nilai-nilai tersebut didapat rata-rata nilai ϕ momen lentur balok untuk proyek A sebesar 0,8449, proyek B sebesar 0,6982, proyek C sebesar 0,7694, dan proyek D sebesar 1,0323. Berdasarkan nilai rata-rata nilai ϕ momen lentur balok, setiap proyek sudah memenuhi batas SNI 2019 dimana batas SNI 2019 untuk nilai ϕ momen lentur balok adalah 0,65 – 0,90.

Adapun berdasarkan analisis data teoritis untuk nilai ϕ momen lentur balok pada keempat proyek sudah memenuhi SNI 2019. Berdasarkan kedua perhitungan tersebut (perhitungan Mac Gregor (1976) dan analisis berdasarkan nilai ε_t), nilai ϕ yang sebenarnya terjadi di lapangan adalah yang dihitung berdasarkan perhitungan Mac Gregor (1976) karena perhitungan tersebut melibatkan perbandingan kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana, koefisien variasi kekuatan penampang, dan data asli yang diambil langsung dari lapangan. Alasan mengapa nilai ϕ yang dihasilkan dari analisis berdasarkan ε_t bernilai 0,9 karena data yang dianalisis merupakan data teoritis dimana hanya ada satu data, sedangkan ketika menggunakan perhitungan Mac Gregor (1976) perhitungan yang dilakukan melibatkan lebih dari satu data yang didapatkan langsung dari lapangan yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Kemudian berdasarkan perbandingan tiga grafik yaitu gambar 5.17, gambar 5.18, dan gambar 5.19, nilai ϕ momen lentur balok yang dihitung menggunakan persamaan 3.21 memang memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan nilai V_R (gambar 5.8) dan juga memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan nilai γ_R (gambar 5.7) seperti yang telah dibahas pada sub bab 5.6.1.

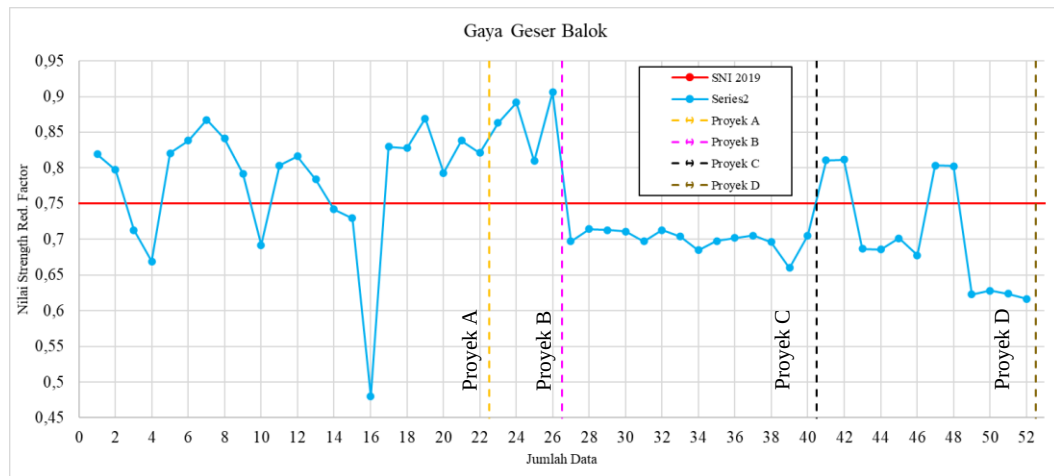
5.8.2 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Gaya Geser Balok

Setelah dilakukan perhitungan pada setiap proyek untuk gaya geser balok, rekapitulasi hasil nilai ϕ untuk gaya geser balok disajikan dalam tabel berikut.

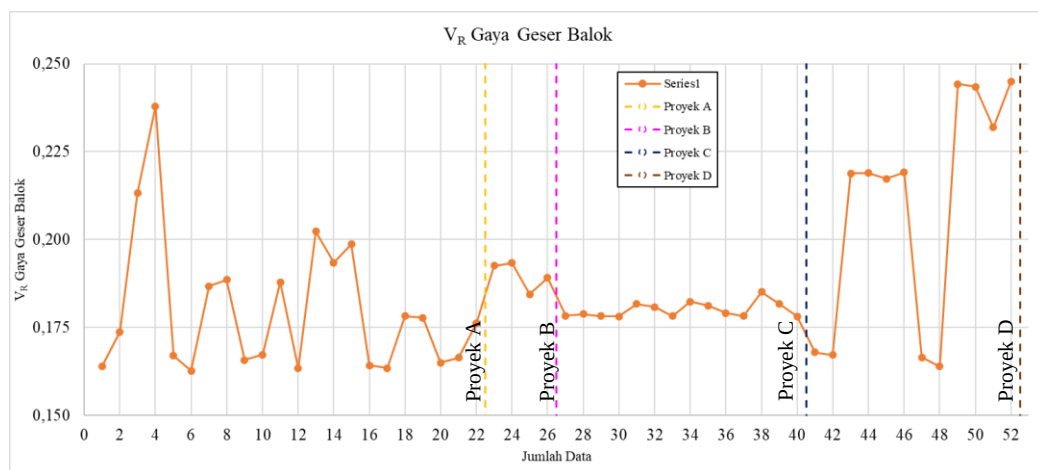
Tabel 5.7 Rekapitulasi Nilai ϕ Gaya Geser Balok

Tipe Balok	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>	
	Tumpuan	Lapangan
Proyek A		
B1	0,8194	0,8163
B9	0,7972	0,7838
B12	0,7131	0,7419
B4	0,6692	0,7296
B1A	0,8205	0,4800
B100	0,8384	0,8297
B12c	0,8676	0,8276
B42	0,8410	0,8692
B81	0,7919	0,7929
B1N	0,6921	0,8383
B2R	0,8035	0,8212
Proyek B		
BI	0,8632	0,8095
BA	0,8919	0,9058
Proyek C		
B1	0,6973	0,6845
B2	0,7142	0,6978
B3	0,7130	0,7018
B4	0,7018	0,7051
B5	0,6970	0,6961
B6	0,7128	0,6598
B7	0,7038	0,7053
Proyek D		
B6	0,8105	0,8034
B7	0,8115	0,8027
G12	0,6864	0,6228
G13	0,6856	0,6280
G20	0,7015	0,6237
G3	0,6778	0,6116

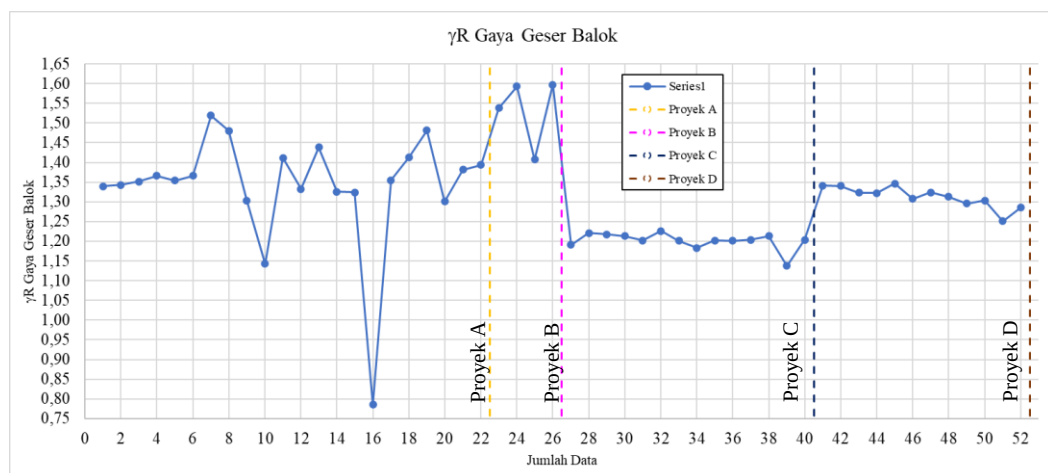
Adapun rekapitulasi disajikan juga dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 5.20 Grafik Nilai ϕ Gaya Geser Balok



Gambar 5.21 Grafik Nilai V_R Gaya Geser Balok



Gambar 5.22 Grafik Nilai γ_R Gaya Geser Balok

Berdasarkan tabel 5.7 dan gambar 5.18 terlihat bahwa nilai ϕ gaya geser balok pada proyek A didapat nilai terendah sebesar 0,4800 dan nilai tertinggi sebesar 0,8692, pada proyek B didapat nilai terendah sebesar 0,8095 dan nilai tertinggi sebesar 0,9058, pada proyek C didapat nilai terendah sebesar 0,6598 dan nilai tertinggi sebesar 0,7142, dan pada proyek D nilai terendah sebesar 0,6166 dan nilai tertinggi sebesar 0,8155. Adapun dari nilai-nilai tersebut didapat rata-rata nilai ϕ gaya geser balok untuk proyek A sebesar 0,7811, proyek B sebesar 0,8676, proyek C sebesar 0,7000, dan proyek D sebesar 0,7059. Berdasarkan nilai rata-rata nilai ϕ gaya geser balok, untuk proyek A dan proyek B sudah memenuhi SNI 2019, sedangkan untuk proyek C dan proyek D masih belum memenuhi, dimana batas SNI 2019 untuk nilai ϕ gaya geser balok adalah 0,75.

Kemudian berdasarkan perbandingan tiga grafik yaitu gambar 5.20, gambar 5.21, dan gambar 5.22, besarnya nilai ϕ gaya geser balok yang dihitung menggunakan persamaan 3.21 walaupun memiliki *trendline* yang berbentuk turun dari kiri ke kanan jika dibandingkan dengan nilai V_R (gambar 5.10) tidak dapat disimpulkan secara mentah-mentah bahwa nilai ϕ berbanding terbalik dengan nilai V_R . Karena dapat dilihat contoh pada data ke-16 dan ke-17 walaupun memiliki nilai V_R yang hampir sama, nilai ϕ yang dihasilkan berbeda, hal tersebut disebabkan oleh nilai γ_R pada data ke-16 yang bernilai kecil sehingga nilai ϕ yang dihasilkan pada data ke-16 lebih kecil dibandingkan dengan data ke-17.

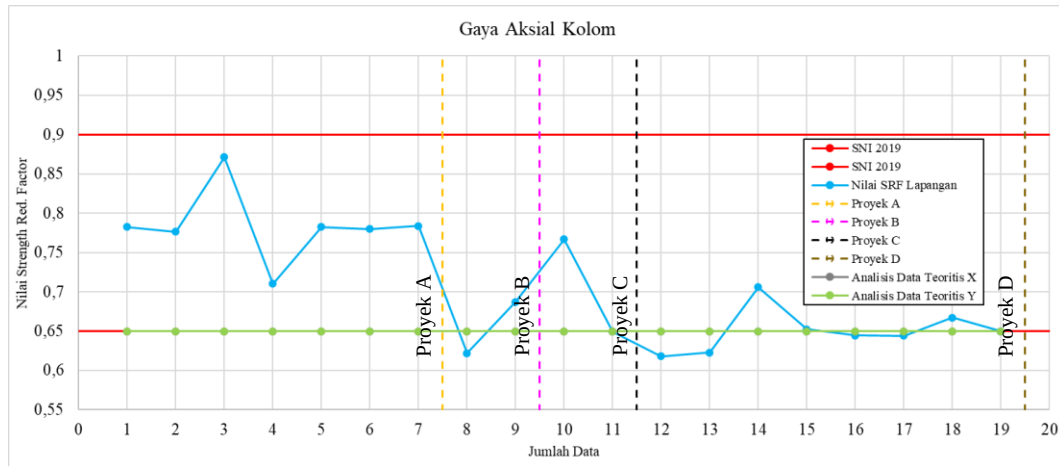
5.8.3 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom

Setelah dilakukan perhitungan pada setiap proyek untuk gaya aksial kolom, rekapitulasi hasil nilai ϕ untuk gaya aksial kolom disajikan dalam tabel berikut.

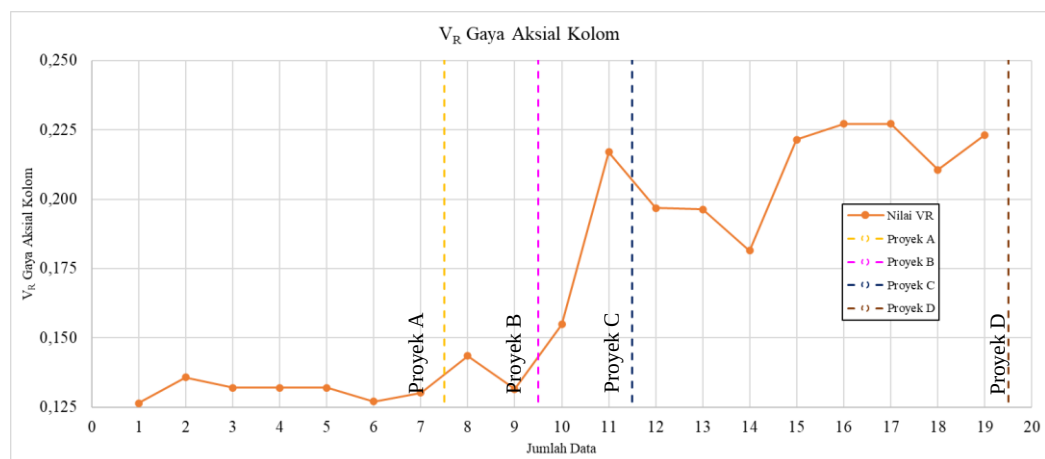
Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom

Tipe Kolom	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>		
	Perhitungan Mac Gregor (1976)	Analisis Data Teoritis Arah X	Analisis Data Teoritis Arah Y
Proyek A			
K1	0,7825	0,65	0,65
K1B	0,7764	0,65	0,65
K2	0,8714	0,65	0,65
K2B	0,7104	0,65	0,65
K2	0,7827	0,65	0,65
K7	0,7798	0,65	0,65
K8	0,7836	0,65	0,65
Proyek B			
K1	0,6217	0,65	0,65
K2	0,6870	0,65	0,65
Proyek C			
K1	0,7670	0,65	0,65
K2	0,6492	0,65	0,65
Proyek D			
K7	0,6178	0,65	0,65
K7	0,6228	0,65	0,65
K7	0,7059	0,65	0,65
K2	0,6524	0,65	0,65
K1A	0,6446	0,65	0,65
K1B	0,6443	0,65	0,65
K4	0,6673	0,65	0,65
K9	0,6496	0,65	0,65

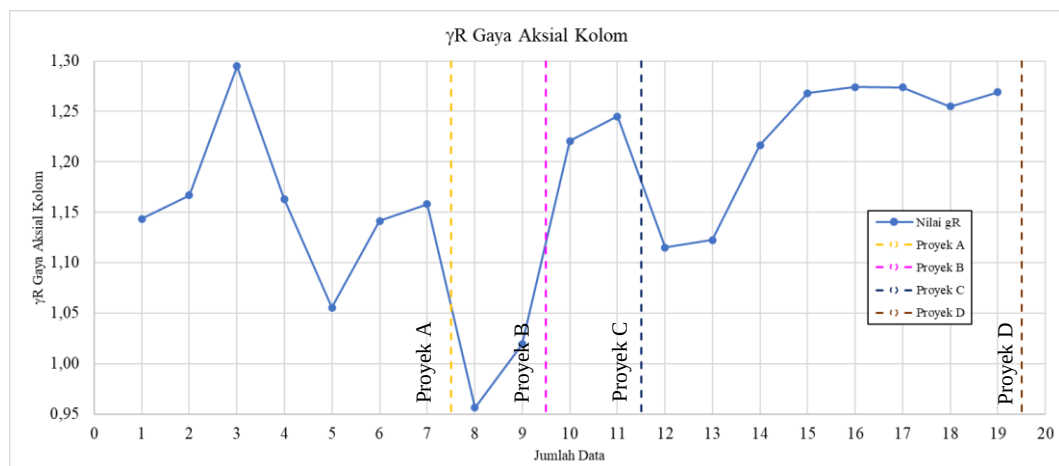
Adapun rekapitulasi disajikan juga dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 5.23 Grafik Nilai ϕ Gaya Aksial Kolom



Gambar 5.24 Grafik Nilai V_R Gaya Aksial Kolom



Gambar 5.25 Grafik Nilai γ_R Gaya Aksial Kolom

Berdasarkan tabel 5.8 dan gambar 5.19 terlihat bahwa nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek A didapat nilai terendah sebesar 0,7104 dan nilai tertinggi sebesar 0,8714, pada proyek B didapat nilai terendah sebesar 0,6217 dan nilai tertinggi sebesar 0,6870, pada proyek C didapat nilai terendah sebesar 0,6492 dan nilai tertinggi sebesar 0,7670, dan pada proyek D nilai terendah sebesar 0,6178 dan nilai tertinggi sebesar 0,7059. Adapun dari nilai-nilai tersebut didapat rata-rata nilai ϕ gaya aksial kolom untuk proyek A sebesar 0,7838, proyek B sebesar 0,6544, proyek C sebesar 0,7081, dan proyek D sebesar 0,6506. Berdasarkan nilai rata-rata nilai ϕ gaya aksial kolom, keempat proyek sudah memenuhi SNI 2019, dimana batas SNI 2019 untuk nilai ϕ gaya aksial kolom adalah 0,65 – 0,90.

Adapun berdasarkan analisis data teoritis dan data lapangan untuk nilai ϕ gaya aksial kolom pada keempat proyek sudah memenuhi SNI 2019. Berdasarkan kedua perhitungan tersebut (perhitungan Mac Gregor (1976) dan analisis berdasarkan nilai ε_t), nilai ϕ yang sebenarnya terjadi di lapangan adalah yang dihitung berdasarkan perhitungan Mac Gregor (1976) karena perhitungan tersebut melibatkan perbandingan kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana, koefisien variasi kekuatan penampang, dan data asli yang diambil langsung dari lapangan. Alasan mengapa nilai ϕ yang dihasilkan dari analisis berdasarkan ε_t bernilai 0,9 karena data yang dianalisis merupakan data teoritis dimana hanya ada satu data, sedangkan ketika menggunakan perhitungan Mac Gregor (1976) perhitungan yang dilakukan melibatkan lebih dari satu data yang didapatkan langsung dari lapangan yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Kemudian berdasarkan perbandingan tiga grafik yaitu gambar 5.23, gambar 5.24, dan gambar 5.25, besarnya nilai ϕ gaya aksial kolom yang dihitung menggunakan persamaan 3.21 walaupun memiliki *trendline* yang berbentuk turun dari kiri ke kanan jika dibandingkan dengan nilai V_R (gambar 5.12), tidak dapat langsung disimpulkan bahwa nilai ϕ berbanding terbalik dengan nilai V_R . Karena dapat dilihat contoh pada data ke-3 dan ke-5 walaupun memiliki nilai V_R yang hampir sama, nilai ϕ yang dihasilkan berbeda, hal tersebut disebabkan oleh nilai γ_R

pada data ke-3 yang bernilai besar sehingga nilai ϕ yang dihasilkan pada data ke-3 lebih besar dibandingkan dengan data ke-5.

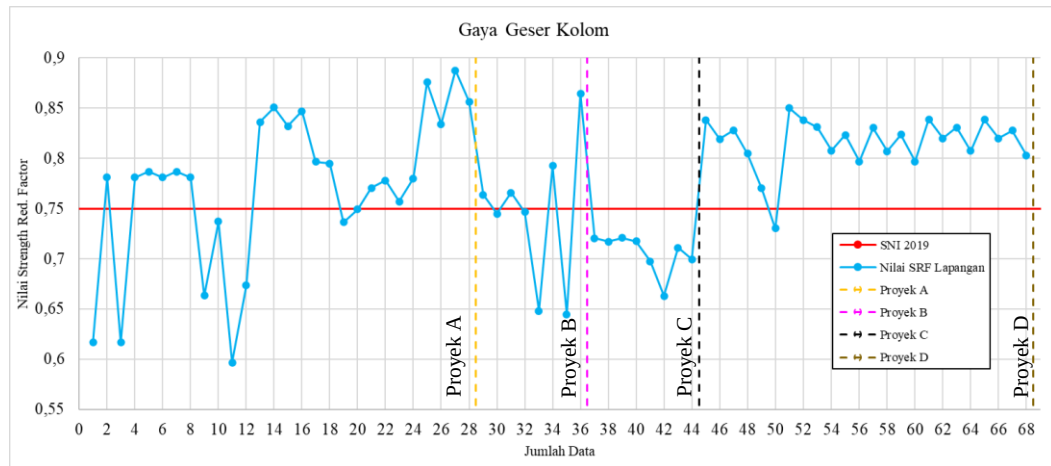
5.8.4 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Gaya Geser Kolom

Setelah dilakukan perhitungan pada setiap proyek untuk gaya geser kolom, rekapitulasi hasil nilai ϕ untuk gaya geser kolom disajikan dalam tabel berikut.

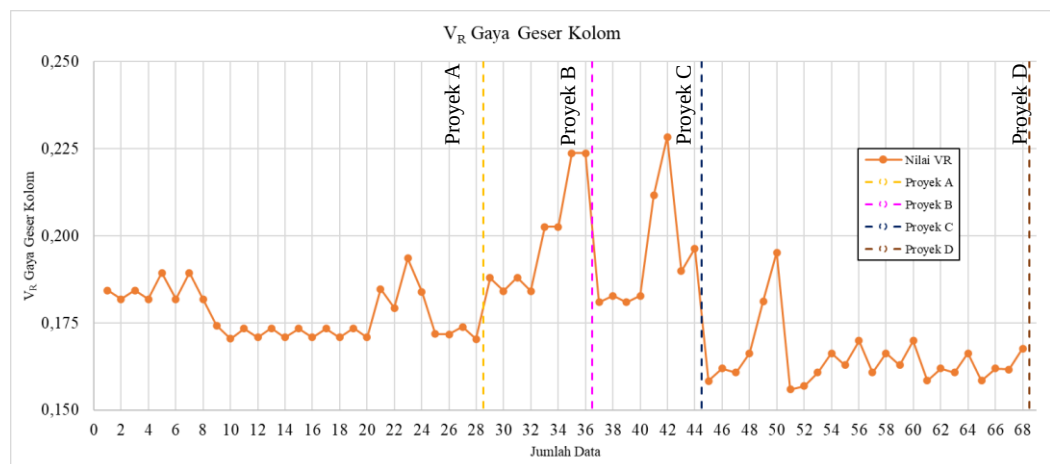
Tabel 5.9 Rekapitulasi Nilai ϕ Gaya Geser Kolom

Tipe Kolom	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>			
	Arah X		Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Proyek A				
K1	0,6166	0,7811	0,6166	0,7811
K1B	0,7869	0,7811	0,7869	0,7811
K2	0,6634	0,7371	0,5965	0,6734
K2	0,8363	0,8508	0,8323	0,8470
K2B	0,7968	0,7948	0,7365	0,7492
K7	0,7705	0,7781	0,7570	0,7801
K8	0,8760	0,8341	0,8877	0,8563
Proyek B				
K1	0,7638	0,7447	0,7659	0,7465
K2	0,6481	0,7925	0,6448	0,8647
Proyek C				
K1	0,7204	0,7170	0,7210	0,7175
K2	0,6973	0,6631	0,7109	0,6997
Proyek D				
K7	0,8381	0,8193	0,8282	0,8048
K2	0,7701	0,7303	0,8501	0,8381
K1A	0,8311	0,8077	0,8235	0,7969
K1B	0,8304	0,8071	0,8237	0,7970
K4	0,8388	0,8201	0,8307	0,8073
K9	0,8386	0,8199	0,8279	0,8031

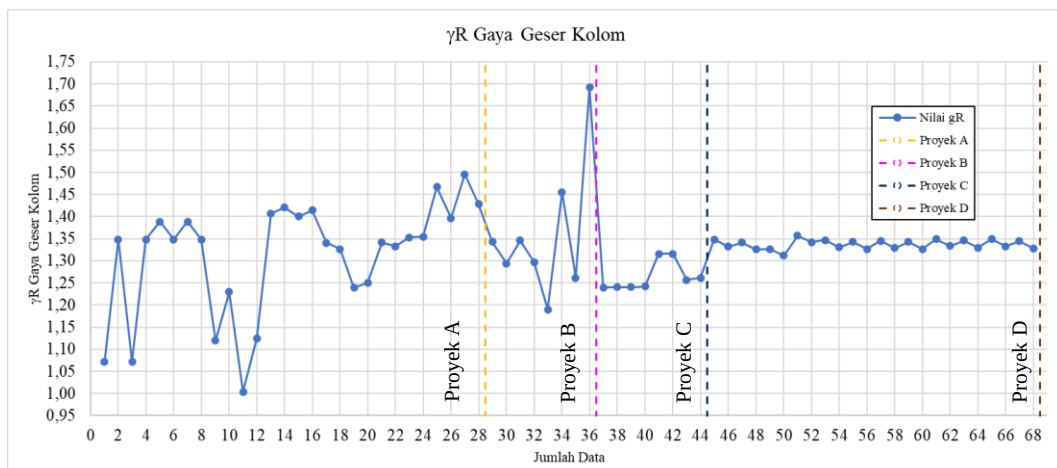
Adapun rekapitulasi disajikan juga dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 5.26 Grafik Nilai ϕ Gaya Geser Kolom



Gambar 5.27 Grafik Nilai V_R Gaya Geser Kolom



Gambar 5.28 Grafik Nilai γ_R Gaya Geser Kolom

Berdasarkan tabel 5.9 dan gambar 5.20 terlihat bahwa nilai ϕ gaya geser kolom pada proyek A didapat nilai terendah sebesar 0,5965 dan nilai tertinggi sebesar 0,8877, pada proyek B didapat nilai terendah sebesar 0,6448 dan nilai tertinggi sebesar 0,8647, pada proyek C didapat nilai terendah sebesar 0,6631 dan nilai tertinggi sebesar 0,7210, dan pada proyek D nilai terendah sebesar 0,7303 dan nilai tertinggi sebesar 0,8501. Adapun dari nilai-nilai tersebut didapat rata-rata nilai ϕ gaya geser kolom untuk proyek A sebesar 0,7709, proyek B sebesar 0,7464, proyek C sebesar 0,7059, dan proyek D sebesar 0,8159. Berdasarkan nilai rata-rata nilai ϕ gaya geser kolom, proyek A dan proyek D sudah memenuhi SNI 2019 tetapi proyek B dan proyek C masih belum memenuhi SNI 2019, dimana batas SNI 2019 untuk nilai ϕ gaya geser kolom adalah 0,75.

Kemudian berdasarkan perbandingan tiga grafik yaitu gambar 5.26, gambar 5.27, dan gambar 5.28, besarnya nilai ϕ gaya geser kolom yang dihitung menggunakan persamaan 3.21 walaupun memiliki *trendline* yang berbentuk turun dari kiri ke kanan jika dibandingkan dengan nilai V_R (gambar 5.14), tidak dapat langsung disimpulkan bahwa nilai ϕ berbanding terbalik dengan nilai V_R . Karena dapat dilihat contoh pada data ke-15 dan ke-19 walaupun memiliki nilai V_R yang hampir sama, nilai ϕ yang dihasilkan berbeda, hal tersebut disebabkan oleh nilai γ_R pada data ke-15 yang bernilai besar sehingga nilai ϕ yang dihasilkan pada data ke-15 lebih besar dibandingkan dengan data ke-19.

5.8.5 Rekapitulasi Hasil Nilai ϕ Momen Lentur Pelat

Setelah dilakukan perhitungan pada setiap proyek untuk momen lentur pelat, rekapitulasi hasil nilai ϕ untuk momen lentur pelat disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Proyek A

Proyek A								
Tipe Pelat	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>							
	Perhitungan Mac Gregor (1976)				Analisis Data Teoritis			
	Arah X		Arah Y		Arah X		Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
PL1	0,7329	0,7857	0,7414	0,7944	0,9	0,9	0,9	0,9
PL2	0,7160	0,7680	0,7243	0,7765	0,9	0,9	0,9	0,9

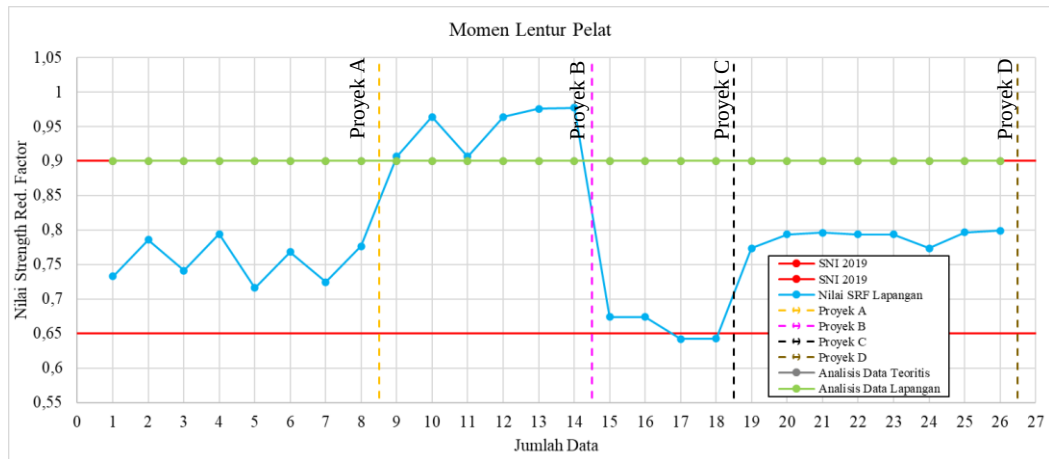
Tabel 5.11 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Proyek B dan Proyek C

Tipe Pelat	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>			
	Perhitungan Mac Gregor (1976)		Analisis Data Teoritis	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Proyek B				
PL1	0,9067	0,9640	0,9	0,9
PL2	0,9067	0,9640	0,9	0,9
PLP	0,9760	0,9771	0,9	0,9
Proyek C				
A1	0,6738	0,6739	0,9	0,9
A2	0,6422	0,6427	0,9	0,9

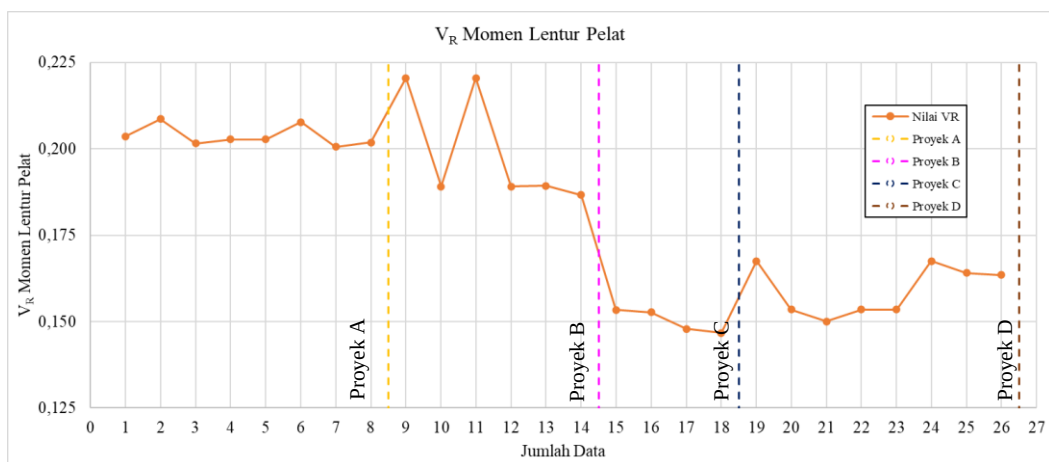
Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai ϕ Momen Lentur Pelat Proyek D

Proyek D								
Tipe Pelat	Nilai <i>Strength Reduction Factor</i>							
	Perhitungan Mac Gregor (1976)				Analisis Data Teoritis			
	Atas		Bawah		Atas		Bawah	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
S1	0,7738	0,7939	0,7964	0,7939	0,9	0,9	0,9	0,9
Tipe Pelat	Arah X		Arah Y		Arah X		Arah Y	
S2	0,7939		0,7738		0,9		0,9	
S3	0,7966		0,7990		0,9		0,9	

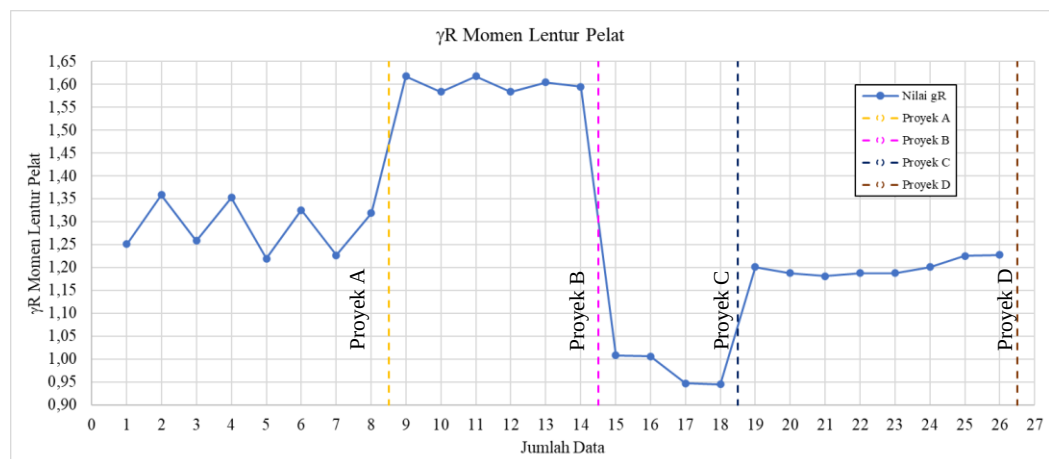
Adapun rekapitulasi disajikan juga dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 5.29 Grafik Nilai ϕ Momen Lentur Pelat



Gambar 5.30 Grafik Nilai V_R Momen Lentur Pelat



Gambar 5.31 Grafik Nilai γ_R Momen Lentur Pelat

Berdasarkan tabel 5.10 dan gambar 5.21 terlihat bahwa nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek A didapat nilai terendah sebesar 0,7160 dan nilai tertinggi sebesar 0,7944, pada proyek B didapat nilai terendah sebesar 0,9067 dan nilai tertinggi sebesar 0,9771, pada proyek C didapat nilai terendah sebesar 0,6422 dan nilai tertinggi sebesar 0,6739, dan pada proyek D nilai terendah sebesar 0,7738 dan nilai tertinggi sebesar 0,7990. Adapun dari nilai-nilai tersebut didapat rata-rata nilai ϕ gaya geser balok untuk proyek A sebesar 0,7549, proyek B sebesar 0,9491, proyek C sebesar 0,6582, dan proyek D sebesar 0,7902. Berdasarkan nilai rata-rata nilai ϕ momen lentur pelat, keempat proyek sudah memenuhi SNI 2019, dimana batas SNI 2019 untuk nilai ϕ momen lentur pelat adalah 0,65 – 0,90.

Adapun berdasarkan analisis data teoritis dan data lapangan untuk nilai ϕ momen lentur pelat pada keempat proyek sudah memenuhi SNI 2019. Berdasarkan kedua perhitungan tersebut (perhitungan Mac Gregor (1976) dan analisis berdasarkan nilai ε_t), nilai ϕ yang sebenarnya terjadi di lapangan adalah yang dihitung berdasarkan perhitungan Mac Gregor (1976) karena perhitungan tersebut melibatkan perbandingan kekuatan lapangan dengan kekuatan rencana, koefisien variasi kekuatan penampang, dan data asli yang diambil langsung dari lapangan. Alasan mengapa nilai ϕ yang dihasilkan dari analisis berdasarkan ε_t bernilai 0,9 karena data yang dianalisis merupakan data teoritis dimana hanya ada satu data, sedangkan ketika menggunakan perhitungan Mac Gregor (1976) perhitungan yang dilakukan melibatkan lebih dari satu data yang didapatkan langsung dari lapangan yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Kemudian berdasarkan perbandingan tiga grafik yaitu gambar 5.26, 5.27, dan 5.28, besarnya nilai ϕ momen lentur pelat yang dihitung menggunakan persamaan 3.21 walaupun memiliki *trendline* yang berbentuk naik dari kiri ke kanan jika dibandingkan dengan nilai V_R (gambar 5.16), tidak dapat langsung disimpulkan bahwa semua nilai ϕ pada semua proyek berbanding lurus dengan nilai V_R . Karena dapat dilihat contoh pada data ke-10 dan ke-11 meskipun nilai ϕ yang dihasilkan pada data ke-10 lebih besar dibandingkan dengan data ke-11, tetapi pada data ke-10 memiliki nilai V_R yang lebih kecil dibandingkan data ke-11.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada keempat proyek didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada keempat proyek didapatkan nilai rata-rata dari setiap proyek sebagai berikut.
 - a. Nilai ϕ momen lentur balok untuk proyek A sebesar 0,8449, proyek B sebesar 0,6982, proyek C sebesar 0,7694, dan proyek D sebesar 1,0323.
 - b. Nilai ϕ gaya geser balok untuk proyek A sebesar 0,7811, proyek B sebesar 0,8676, proyek C sebesar 0,7000, dan proyek D sebesar 0,7059.
 - c. Nilai ϕ gaya aksial kolom untuk proyek A sebesar 0,7838, proyek B sebesar 0,6544, proyek C sebesar 0,7081, dan proyek D sebesar 0,6506.
 - d. Nilai ϕ gaya geser kolom untuk proyek A sebesar 0,7709, proyek B sebesar 0,7464, proyek C sebesar 0,7059, dan proyek D sebesar 0,8159.
 - e. Nilai ϕ momen lentur pelat untuk proyek A sebesar 0,7549, proyek B sebesar 0,9491, proyek C sebesar 0,6582, dan proyek D sebesar 0,7902.
2. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata nilai ϕ dari setiap proyek dapat disimpulkan sebagai berikut.
 - a. Untuk nilai ϕ momen letur balok keempat proyek sudah memenuhi SNI 2847:2019 dimana batas nilai ϕ momen lentur balok pada SNI 2847:2019 adalah 0,65 – 0,90.
 - b. Untuk nilai ϕ gaya geser balok proyek A dan proyek B sudah memenuhi SNI 2847:2019, sedangkan untuk proyek C dan proyek D masih belum memenuhi dimana batas nilai ϕ gaya geser balok pada SNI 2847:2019 adalah 0,75.

- c. Untuk nilai ϕ gaya aksial kolom keempat proyek sudah memenuhi SNI 2847:2019 dimana batas nilai ϕ gaya aksial kolom pada SNI 2847:2019 adalah 0,65 – 0,90.
 - d. Untuk nilai ϕ gaya geser kolom proyek A dan proyek D sudah memenuhi SNI 2847:2019, sedangkan proyek B dan proyek C masih belum memenuhi dimana batas nilai ϕ gaya geser kolom pada SNI 2847:2019 adalah 0,75.
 - e. Untuk nilai ϕ momen lentur pelat keempat proyek sudah memenuhi SNI 2847:2019 dimana batas nilai ϕ momen lentur pelat pada SNI 2847:2019 adalah 0,65 – 0,90.
3. Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ , Yogyakarta (Proyek A) masih lebih unggul dibandingkan ketiga proyek lainnya yaitu Jawa Tengah 1 (Proyek B), Jawa Tengah 2 (Proyek C), dan Jawa Tengah 3 (Proyek D) karena pada proyek A semua nilai ϕ sudah memenuhi *code* terbaru yaitu SNI 2847:2019.
 4. Berdasarkan hasil perhitungan nilai ϕ menggunakan rumus perhitungan Mac Gregor (1976), faktor yang mempengaruhi nilai ϕ yang sebenarnya terjadi di lapangan adalah nilai γ_R (perbandingan kekuatan penampang lapangan dengan kekuatan penampang rencana) dan V_R (koefisien variasi kekuatan penampang), meskipun tidak semua proyek memiliki hubungan yang sama dengan kedua nilai tersebut, tetapi secara garis besar ketika nilai γ_R semakin besar maka nilai ϕ yang akan dihasilkan juga akan semakin besar, sedangkan ketika nilai V_R semakin besar maka nilai ϕ yang dihasilkan akan semakin kecil.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk tujuan pengembangan penelitian selanjutnya mengenai evaluasi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan hanya pada satu proyek supaya penelitian yang dilakukan lebih mendetail pada satu proyek tersebut.

2. Peninjauan nilai faktor reduksi kekuatan dapat dilakukan pada komponen struktur yang lain seperti, sambungan balok-kolom, *sloof*, pondasi, *pile cap*, dan atau komponen struktur penting lainnya.
3. Penambahan jumlah objek proyek yang ditinjau nilai faktor reduksi kekuatannya supaya faktor pembandingnya akan lebih beragam dan pembahasannya dapat lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Tentang Pesyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Gurki, J. T. (2010). *Beton Bertulang*. Bandung: Rekayasa Sains.
- Harmayani, K. D. (2005). Studi Perbandingan Faktor Reduksi dari Tahanan Global dengan Faktor Reduksi Parsial Material Pada Kasus Beton Bertulang dengan Metode LRFD. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana*, 14-15.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and The Certainty of Response Index (CRI). *Phys. Educ.* 34(5), 294-299.
- Kusdiono. (1995). *Matematika Universitas*. Bandung: Citra Pindo.
- Lind, N. C. (1971). Consistent Partial Safety Factors. *Journal of the Structural Division Vol. 97, Issue 6*, 1651-1669.
- MacGregor, J. G. (1976). Safety and Limit States Design for Reinforced Concrete. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 3, Num. 4, 484-513.
- Neter, J., Wasserman, W., & Whitmore, G. (1978). *Applied Statistics*. Boston: Allyn and Bacon.
- Pratama, M. F., & Pawirodikromo, W. (2017). Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Menurut Code 2013 Kaitannya Dengan Hasil Penelitian Lapangan. *Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil FTSP UII*, 1.

- Rasidi, N. (2005). Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Faktor Reduksi Profil Baja Tabung Kotak di Indoneisa. *PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 37 A, No. 2*, 155-169.
- Subagyo, P. (1985). *Statistik Deskriptif*. Yogyakarta: BPFE.
- Supranto, J. (2008). *Statistik Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Wahyudi, L. d. (1997). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Walpole, R. E. (1995). *Ilmu Peluan dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: ITB Press.
- Yulianto, H., Rahmayanti, N., & Kriswiansyah, A. R. (2021). Pengaruh Semen Holcim Powermax Pada Balok Beton Bertulang 20 dan 25 MPa Terhadap Kuat Lentur dan Faktor Reduksinya. *Civil Engineering Research Forum*, 28-36.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule Tugas Akhir

No.	Uraian Kegiatan	Durasi (Jam)	Bobot (%)	Agustus				September				Oktober			November			Desember		Januari			Februari				Maret	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Penentuan lokasi proyek	9	8,41	0,84					2,52					3,36					1,68									
2	Pengumpulan data perencanaan	12	11,21		1,12					3,36					4,49					2,24								
3	Pengumpulan data lapangan (Pengukuran langsung di lapangan)	26	24,30		1,21	1,21				3,64	3,64				6,07	6,07				1,21	1,21							
4	Input data ke dalam Ms. Excel	10	9,35				0,93					3,74						2,80					1,87					
5	Analisis nilai faktor reduksi kekuata	34	31,78				0,79	0,79	0,79	0,79		3,18	3,18	3,18	3,18			2,38	2,38	2,38	2,38		1,59	1,59	1,59	1,59		
6	Membandingkan hasil analisis nilai faktor reduksi kekuatan dengan SNI 2019	6	5,61					0,56		0,08			2,24		1,68				0,06		0,06			0,56		0,36		
7	Pembahasan, kesimpulan, dan saran	10	9,35																							5,61	3,74	
Total		107	100																									
Progress (%)				0,84	2,34	1,21	1,73	1,36	3,32	7,89	3,64	6,92	5,42	3,18	8,22	10,56	6,07	5,19	2,44	4,07	5,90	1,21	3,46	2,15	1,59	1,95	5,61	3,74
Kumulatif (%)				0,84	3,18	4,39	6,12	7,48	10,79	18,68	22,33	29,24	34,66	37,84	46,07	56,63	62,70	67,89	70,33	74,39	80,29	81,50	84,96	87,11	88,70	90,65	96,26	100,00

Lampiran 2 Data Lapangan Proyek A

Tabel 1. Data Lapangan Balok B1 Proyek A

B1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	40,9	39,7	39,9	39,8	39,6	39,7	39,5	39,8	40,2	41	39,7	39,9	40,0	40,1	39,6	39,8	39,8	40,0	39,9	39,9
	ht (cm)	50,4	49,9	51	49,7	49,6	50,1	49,9	49,7	50,1	49,8	49,8	49,9	50,0	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50,1	50,0
	dp (mm)	22,1	21,8	21,5	21,9	22,2	21,7	21,9	22,0	22,0	21,8	21,8	21,9	22,1	22,0	22,0	21,7	21,8	21,6	21,9	21,9
	ds (mm)	11,5	12	12,5	13	12,9	11,9	12,1	11,9	12,5	12,6	12,7	12,9	12,8	13,0	12,9	13,1	12,8	12,8	12,9	13,0
	sb (cm)	2,9	3,0	2,9	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9	3,0	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	3,0	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10	10,1	9,9	9,9	10,1	10	10,2	10,1	9,9	9,8	10	10,1	9,9	9,9	10,1	10	10,2	10,1	9,9	9,8
	S Lapangan (cm)	20	20	19,8	20	21	20,1	18,9	19,5	20,2	20	20	20	19,8	20	21	20,1	18,9	19,5	20,2	20

Lanjutan Tabel 1. Data Lapangan Balok B1 Proyek A

B1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	40,9	39,7	39,9	39,8	39,6	39,7	39,5	39,8	40,2	41	39,7	39,9	40,0	40,1	39,6	39,8	39,8	40,0	39,9	39,9
	ht (cm)	50,4	49,9	51	49,7	49,6	50,1	49,9	49,7	50,1	49,8	49,8	49,9	50,0	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50,1	50,0
	dp (mm)	21,74	21,68	22,5	21,9	22,2	21,7	21,9	22,0	22,0	21,8	21,8	21,9	22,1	22,0	22,0	21,7	21,8	21,6	21,9	21,9
	ds (mm)	13,79	13,77	12,62	14,18	12,9	11,9	12,1	11,9	12,5	12,6	12,7	12,9	12,8	13,0	12,9	13,1	12,8	12,8	12,9	13,0
	sb (cm)	2,9	3,0	2,9	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9	3,0	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	3,0	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10	10,1	9,9	9,9	10,1	10	10,2	10,1	9,9	9,8	10	10,1	9,9	9,9	10,1	10	10,2	10,1	9,9	9,8
	S Lapangan (cm)	20	20	19,8	20	21	20,1	18,9	19,5	20,2	20	20	20	19,8	20	21	20,1	18,9	19,5	20,2	20

Tabel 2. Data Lapangan Balok B9 Proyek A

B9	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	36,3	36	36,8	35,1	34,9	36,1	35,9	34,9	35,3	35,4	35,1	35	34,8	34,9	34,8	34,7	35,1	34,9	34,8	34,9
	ht (cm)	44,8	44,7	45,1	44,9	44,8	45	45	44,9	44,7	44,6	44,8	44,7	44,9	45	45,1	44,9	45,2	44,8	45,1	49,7
	dp (mm)	18,5	19,1	18,9	19	18,8	18,8	18,9	18,6	18,9	19	19	19,1	18,8	18,9	19	18,9	18,8	18,6	19,1	18,8
	ds (mm)	11,5	12	12,9	13	13,1	12,8	12,9	12,9	13	13	12,9	11,9	13,1	13	12,8	12,8	12,7	12,6	12,9	12,9
	sb (cm)	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,1	3	2,8	2,9	3,1
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,9	10,1	10,8	9,1	12,7	8,9	10,7	10,6	10,2	9,6	9,8	9,9	10,1	10,8	9,1	12,7	8,9	10,7	10,6
	S Lapangan (cm)	20,1	19,8	18,1	18	22,6	17,7	18,9	19	19,1	22,1	17,2	20,1	19,8	18,1	18	22,6	17,7	18,9	19	19,1

Lanjutan Tabel 2. Data Lapangan Balok B9 Proyek A

B9	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	36,3	36	36,8	35,1	34,9	36,1	35,9	34,9	35,3	35,4	35,1	35	34,8	34,9	34,8	34,7	35,1	34,9	34,8	34,9
	ht (cm)	44,8	44,7	45,1	44,9	44,8	45	45	44,9	44,7	44,6	44,8	44,7	44,9	45	45,1	44,9	45,2	44,8	45,1	49,7
	dp (mm)	18,58	19,98	19,86	19	18,8	18,8	18,9	18,6	18,9	19	19	19,1	18,8	18,9	19	18,9	18,8	18,6	19,1	18,8
	ds (mm)	13,79	13,77	12,62	14,18	13,1	12,8	12,9	12,9	13	13	12,9	11,9	13,1	13	12,8	12,8	12,7	12,6	12,9	12,9
	sb (cm)	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,1	3	2,8	2,9	3,1	3,1	3	2,8	2,9	3,1
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,9	10,1	10,8	9,1	12,7	8,9	10,7	10,6	10,2	9,6	9,8	9,9	10,1	10,8	9,1	12,7	8,9	10,7	10,6
	S Lapangan (cm)	20,1	19,8	18,1	18	22,6	17,7	18,9	19	19,1	22,1	17,2	20,1	19,8	18,1	18	22,6	17,7	18,9	19	19,1

Tabel 3. Data Lapangan Balok B12 Proyek A

B12	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	29,7	29,8	29,9	29,6	30,1	29,6	29,1	30,2	29,8	29,7	29,9	29,8	29,9	29,7	29,6	29,9	29,8	29,8	29,7	29,9
	ht (cm)	45,4	44,1	44,0	44,2	44,7	45,1	44,8	44,2	44,9	45,2	45,0	44,9	44,7	44,9	44,9	45,1	44,6	44,7	45	44,9
	dp (mm)	15,5	15	15,9	15,1	15	15,1	15,8	15,9	15,7	15,8	15,6	16,0	15,6	15,8	15,7	15,6	15,8	15,9	16	15,9
	ds (mm)	8,5	9	8	8,7	10	11	11	10	9	9,5	9	10	11	10	9	8	10	10	11	9
	sb (cm)	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1
	S Tumpuan (cm)	8,8	10,9	11,4	9,8	10,3	10,1	9,7	9,8	9,3	10,2	8,8	10,9	11,4	9,8	10,3	10,1	9,7	9,8	9,3	10,2
	S Lapangan (cm)	19,2	19,4	20,9	21,2	20,7	19,6	19,7	19,8	20,6	21,3	19,2	19,4	20,9	21,2	20,7	19,6	19,7	19,8	20,6	21,3

Lanjutan Tabel 3. Data Lapangan Balok B12 Proyek A

B12	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	29,7	29,8	29,9	29,6	30,1	29,6	29,1	30,2	29,8	29,7	29,9	29,8	29,9	29,7	29,6	29,9	29,8	29,8	29,7	29,9
	ht (cm)	45,4	44,1	44,0	44,2	44,7	45,1	44,8	44,2	44,9	45,2	45,0	44,9	44,7	44,9	44,9	45,1	44,6	44,7	45	44,9
	dp (mm)	17,52	17,01	15,72	15,1	15	15,1	15,8	15,9	15,7	15,8	15,6	16,0	15,6	15,8	15,7	15,6	15,8	15,9	16	15,9
	ds (mm)	9,78	11,6	11,56	9	10	11	11	10	9	9,5	9	10	11	10	9	8	10	10	11	9
	sb (cm)	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	3,1
	S Tumpuan (cm)	8,8	10,9	11,4	9,8	10,3	10,1	9,7	9,8	9,3	10,2	8,8	10,9	11,4	9,8	10,3	10,1	9,7	9,8	9,3	10,2
	S Lapangan (cm)	19,2	19,4	20,9	21,2	20,7	19,6	19,7	19,8	20,6	21,3	19,2	19,4	20,9	21,2	20,7	19,6	19,7	19,8	20,6	21,3

Tabel 4. Data Lapangan Balok B4 Proyek A

B4	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	60,5	60,6	61	58,8	59,5	59,8	60,2	60,1	59,8	59,9	60,1	60	59,8	59,9	59,6	60,1	60	59,8	59,9	59,8
	ht (cm)	83,1	78,7	79,1	52,8	55	53,1	52,6	53,4	55	54,9	54,8	55,1	54,8	55,2	54,9	54,8	55	55,1	54,9	54,7
	dp (mm)	18	19	20	21	21,5	20,5	21	21,5	21	22	22,1	20,5	21,8	21,7	22	21,9	21,8	22,1	21,9	21,9
	ds (mm)	11	10,5	11	12,9	10	10,5	10,5	11	9	12,8	12,6	12,8	12,9	11,9	12,6	12,7	12,6	12,9	12,8	12,9
	sb (cm)	3,1	3	3	2,9	3	2,8	3,1	3	3	2,9	3	2,8	3,1	3	3	2,9	3	2,8	3,1	3
	S Tumpuan (cm)	10,2	10,1	9,9	9,6	9,8	10	10,1	10,2	9,9	9,8	10,2	10,1	9,9	9,6	9,8	10	10,1	10,2	9,9	9,8
	S Lapangan (cm)	19,9	19,8	19,9	20	20,1	20	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9	20	20,1	20	19,8	19,8	19,9	19,9

Lanjutan Tabel 4. Data Lapangan Balok B4 Proyek A

B4	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	60,5	60,6	61	58,8	59,5	59,8	60,2	60,1	59,8	59,9	60,1	60	59,8	59,9	59,6	60,1	60	59,8	59,9	59,8
	ht (cm)	83,1	78,7	79,1	52,8	55	53,1	52,6	53,4	55	54,9	54,8	55,1	54,8	55,2	54,9	54,8	55	55,1	54,9	54,7
	dp (mm)	21,74	21,68	22,5	22,54	21,5	20,5	21	21,5	21	22	22,1	20,5	21,8	21,7	22	21,9	21,8	22,1	21,9	21,9
	ds (mm)	14,18	12,62	13,77	13,79	10	10,5	10,5	11	9	12,8	12,6	12,8	12,9	11,9	12,6	12,7	12,6	12,9	12,8	12,9
	sb (cm)	3,1	3	3	2,9	3	2,8	3,1	3	3	2,9	3	2,8	3,1	3	3	2,9	3	2,8	3,1	3
	S Tumpuan (cm)	10,2	10,1	9,9	9,6	9,8	10	10,1	10,2	9,9	9,8	10,2	10,1	9,9	9,6	9,8	10	10,1	10,2	9,9	9,8
	S Lapangan (cm)	19,9	19,8	19,9	20	20,1	20	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9	20	20,1	20	19,8	19,8	19,9	19,9

Tabel 5. Data Lapangan Balok B1A Proyek A

B1A	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	38,5	39,1	39,9	39	39,5	38,9	39,6	40,1	40,2	40	40	39,9	39,9	39,7	39,9	40,1	39,8	39,7	39,9	39,9
	ht (cm)	51	49,6	50,9	50,9	50,6	50,1	49,2	49,8	49,7	49,8	49,9	49,7	49,9	49,9	50,1	50,2	49,6	49,8	50	49,1
	dp (mm)	21	20	20,5	21,8	21,5	22	22,1	22	21,8	22,1	21,6	21,9	21,8	21,9	21,9	22	21,8	21,7	21,9	21,6
	ds (mm)	11	11,5	12,2	12	12,5	11,9	12,6	12,8	11,9	12,6	12,8	12,9	13	13,1	12,8	12,9	13	12,7	12,8	12,8
	sb (cm)	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3	2,9	3,1	3	2,9	3	2,9	2,9	2,8	3	2,9	3	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9
	S Lapangan (cm)	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9

Lanjutan Tabel 5. Data Lapangan Balok B1A Proyek A

B1A	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	40	39,9	39,9	39,7	39,9	38,5	39,1	39,9	39	39,5	38,9	39,6	40,1	40,2	40	40,1	39,8	39,7	39,9	39,9
	ht (cm)	49,9	49,7	49,9	49,9	50,1	51	49,6	50,9	50,9	50,6	50,1	49,2	49,8	49,7	49,8	50,2	49,6	49,8	50	49,1
	dp (mm)	21,74	21,68	22,5	22,54	21,5	22	22,1	22	21,8	22,1	21,6	21,9	21,8	21,9	21,9	22	21,8	21,7	21,9	21,6
	ds (mm)	14,18	12,62	13,77	13,79	12,5	11,9	12,6	12,8	11,9	12,6	12,8	12,9	13	13,1	12,8	12,9	13	12,7	12,8	12,8
	sb (cm)	3	2,9	3	2,9	2,9	3,1	3	3,1	3	3,1	2,8	3	3	2,9	2,9	2,8	3	3	2,8	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9	10,1	9,8	10,1	9,9
	S Lapangan (cm)	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9

Tabel 6. Data Lapangan Balok B100 Proyek A

B100	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	93,1	95	94,8	94,9	94,8	94,9	94,8	95,1	95	95,1	95,1	94,8	94,8	94,9	94,8	94,6	94,7	95,1	95,1	95
	ht (cm)	80,1	80,2	80,1	80,2	80,1	80,1	79,8	79,9	79,9	79,8	80,1	80,2	80,1	80,2	80,1	80,1	79,9	80,1	79,8	80
	dp (mm)	25,5	25	25	25	26	25	25	25	25	26	25	24	25	25	26	25	25	25	26	25
	ds (mm)	13,5	13	12	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13	12	13	13	13	14
	sb (cm)	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3	2,9	3,1	3	2,9	3	2,9	2,9	2,8	3	2,9	3	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,9	10,1	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9	9,8	9,8	9,8	9,9	10,1	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9
	S Lapangan (cm)	18,9	19,9	20,2	19,8	19,8	18,9	18	19,9	19	19,8	18	18,9	19,9	20,2	19,8	29,8	18,9	18	19,9	19

Lanjutan Tabel 6. Data Lapangan Balok B100 Proyek A

B100	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	95,1	94,8	94,8	94,9	94,8	93,1	95	94,8	94,9	94,8	94,9	94,8	95,1	95	95,1	94,6	94,7	95,1	95,1	95
	ht (cm)	80,1	80,2	80,1	80,2	80,1	80,1	79,8	79,9	79,9	79,8	80,1	80,2	80,1	80,2	80,1	80,1	79,9	80,1	79,8	80
	dp (mm)	24,78	25,45	25,44	25,5	26	25	25	25	25	26	25	24	25	25	26	25	25	25	26	25
	ds (mm)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	14,18	12,62	13,77	13,79	13	12	13	13	13	14
	sb (cm)	3	2,9	3	2,9	2,9	3,1	3	3,1	3	3,1	2,8	3	3	2,9	2,9	2,8	3	3	2,8	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,9	10,1	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9	9,8	9,8	9,8	9,9	10,1	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9
	S Lapangan (cm)	18,9	19,9	20,2	19,8	19,8	18,9	18	19,9	19	19,8	18	18,9	19,9	20,2	19,8	29,8	18,9	18	19,9	19

Tabel 7. Data Lapangan Balok B12c Proyek A

B12c	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	29,1	30,5	29,7	29,9	29,8	30,1	30	30,3	30,6	30,6	29,5	30	29,8	29,8	29,7	30,4	30,3	30	30,1	29,9
	ht (cm)	44,9	44,5	44,1	44,6	45,1	44,8	45,4	45,3	45,6	45,5	45	44,9	45,6	45,7	44,8	44,9	44,5	45,1	45,5	45,2
	dp (mm)	14	15	14,9	15,1	15,2	16,1	15,3	16,2	15,6	15,6	15,5	15,9	16	15,1	15,5	15,5	15,4	15,8	15,6	15,6
	ds (mm)	8,5	9	10	11	10	11	9	9	9	11	10	10	10	9	11	10	10	10	10	10
	sb (cm)	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3	2,9	3,1	3	2,9	3	2,9	2,9	2,8	3	2,9	3	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,5	9,7	9,9	9,9	8,9	9,9	9,7	9,6	9,9	10,2	9,7	9,5	9,7	9,9	9,9	8,9	9,9	9,7	9,6
	S Lapangan (cm)	19,8	19,5	19,7	19,9	19,9	18,9	19,9	19,7	19,6	19,9	20,2	19,7	19,5	19,7	19,9	19,9	18,9	19,9	19,7	19,6

Lanjutan Tabel 7. Data Lapangan Balok B12c Proyek A

B12c	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	29,5	30	29,8	29,8	29,7	29,1	30,5	29,7	29,9	29,8	30,1	30	30,2	30,6	30,6	30,4	30,3	30	30,1	29,9
	ht (cm)	45	44,9	45,6	45,7	44,8	44,9	44,5	44,1	44,6	45,1	44,8	45,4	45,3	45,6	45,5	44,9	44,5	45,1	45,5	45,2
	dp (mm)	15,72	17,52	17,01	15,5	15,2	16,1	15,3	16,2	15,6	15,6	15,5	15,9	16	15,1	15,5	15,5	15,4	15,8	15,6	15,6
	ds (mm)	9	9	11	11	10	11	9	9	9	11	9,78	11,6	11,56	11	11	10	10	10	10	10
	sb (cm)	3	2,9	3	2,9	2,9	3,1	3	3,1	3	3,1	2,8	3	3	2,9	2,9	2,8	3	3	2,8	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,5	9,7	9,9	9,9	8,9	9,9	9,7	9,6	9,9	10,2	9,7	9,5	9,7	9,9	9,9	8,9	9,9	9,7	9,6
	S Lapangan (cm)	19,8	19,5	19,7	19,9	19,9	18,9	19,9	19,7	19,6	19,9	20,2	19,7	19,5	19,7	19,9	19,9	18,9	19,9	19,7	19,6

Tabel 8. Data Lapangan Balok B42 Proyek A

B42	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	24,4	24,8	24,9	24,7	24,6	25,2	24,4	24,8	24,9	24,7	24,6	25,2	24,4	24,8	24,9	24,7	24,6	25,2	24,4	24,8
	ht (cm)	47	47,5	48,1	48,21	47,9	46,1	47	47,5	48,1	48,21	47,9	46,1	47	47,5	48,1	48,21	47,9	46,1	47	47,5
	dp (mm)	16,8	15,5	16	16	16	17	16,8	15,5	16	16	16	17	16,8	15,5	16	16	16	17	16,8	15,5
	ds (mm)	11	10	9	9	9,5	10	11	10	9	9	9,5	10	11	10	9	9	9,5	10	11	10
	sb (cm)	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3
	S Tumpuan (cm)	10,4	11,6	10	9,9	9,8	9,9	19,9	19,7	19,6	19,9	20,2	19,7	11,6	10	9,9	9,8	9,9	19,9	19,7	19,6
	S Lapangan (cm)	20,5	18,8	20,1	20,3	19,9	20	19,9	19,7	19,6	19,9	20,2	19,7	18,8	20,1	20,3	19,9	20	19,9	19,7	19,6

Lanjutan Tabel 8. Data Lapangan Balok B42 Proyek A

B42	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	24,9	24,7	24,6	25,2	24,4	24,8	24,9	24,7	24,6	25,2	24,4	24,8	24,9	24,7	24,6	25,2	24,4	24,8	24,9	24,7
	ht (cm)	48,1	48,21	47,9	46,1	47	47,5	48,1	48,21	47,9	46,1	47	47,5	48,1	48,21	47,9	46,1	47	47,5	48,1	48,21
	dp (mm)	16	16	16	17	16,8	15,5	16	16	16	17	16,8	15,5	16	16	16	17	16,8	15,5	16	16
	ds (mm)	9	9	9,5	10	11	10	9	9	9,5	10	11	10	9	9	9,5	10	11	10	9	9
	sb (cm)	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,4	11,6	10	9,9	9,8	9,9	19,9	19,7	19,6	19,9	20,2	19,7	11,6	10	9,9	9,8	9,9	19,9	19,7	19,6
	S Lapangan (cm)	20,5	18,8	20,1	20,3	19,9	20	19,9	19,7	19,6	19,9	20,2	19,7	18,8	20,1	20,3	19,9	20	19,9	19,7	19,6

Tabel 9. Data Lapangan Balok B81 Proyek A

B81	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	50	50,1	50,2	49,8	50,3	51	50,1	49,8	49,6	49,5	49,7	50	49,9	49,9	50	50	49,6	49,8	49,5	49,9
	ht (cm)	50	49,9	50	50,1	49,6	49,7	50	49,6	49,8	50,3	51	50,1	49,8	49,6	49,9	50,1	49,7	49,9	50,1	49,6
	dp (mm)	21,5	23,6	22	22,5	22	21,6	21,6	21,9	21,9	22	22,1	22	22,1	22,2	21,6	22,3	21,8	21,7	21,8	21,9
	ds (mm)	14,5	12,5	12,9	13	13	13	13,1	12,6	12,2	12,8	13,1	13	12,9	13	13	13,1	13	12,9	12,8	12,8
	sb (cm)	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3,1	2,9	3	2,9	3,1	3,1	2,9	3	3,1	2,9	2,8	3	2,8
	S Tumpuan (cm)	11	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1	19,9	20,2	19,7	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1
	S Lapangan (cm)	11	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1	19,9	20,2	19,7	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1

Lanjutan Tabel 9. Data Lapangan Balok B81 Proyek A

B81	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	50,2	50,1	49,6	49,7	50	49,6	49,9	50,1	49,7	49,9										
	ht (cm)	49,6	49,5	49,7	50	49,9	49,9	49,6	49,8	49,5	49,9										
	dp (mm)	21,4	21,2	21,6	22	21,9	21,8	21,19	21,5	21,6	21,9										
	ds (mm)	13	12,9	12,6	12,9	12,8	12,8	12,5	12,4	12,7	12,9										
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1										
	S Tumpuan (cm)	11	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1	19,9	20,2	19,7	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1
	S Lapangan (cm)	11	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1	19,9	20,2	19,7	10,6	11,6	9	10,7	10,6	10,1	10,5	11,1

Tabel 10. Data Lapangan Balok B1N Proyek A

B1N	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	55	55,1	55,2	54,8	55,3	56	55,1	54,8	54,6	54,5	54,7	55	54,9	54,9	55	55	54,6	54,9	54,5	54,9
	ht (cm)	50	49,9	50,1	50,1	49,6	50	50,1	49,6	49,8	50,3	50	50,1	49,8	49,6	49,9	50,1	49,7	49,9	50,1	49,6
	dp (mm)	24,5	26,6	25	25,5	25	24,6	24,74	24,9	24,9	24,68	25,5	25,54	25,1	25,2	24,6	25,3	24,8	24,7	24,8	24,9
	ds (mm)	14,5	12,5	12,9	13	13	13	13,1	12,6	12,2	12,8	13,1	13	12,9	13	13	13,1	13	12,9	12,8	12,8
	sb (cm)	3,1	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3,1	2,9	3	2,9	3,1	3,1	2,9	3	3,1	2,9	2,8	3	2,8
	S Tumpuan (cm)	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1
	S Lapangan (cm)	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3

Lanjutan Tabel 10. Data Lapangan Balok B1N Proyek A

B1N	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	55,2	55,1	54,6	54,8	55	54,6	54,9	55,2	54,54	54,6										
	ht (cm)	49,6	49,5	50	50	49,9	49,9	49,6	49,8	49,5	49,9										
	dp (mm)	24,4	24,2	24,6	25	24,9	24,8	24,19	24,5	24,6	24,9										
	ds (mm)	13	12,9	12,6	12,9	12,8	12,8	12,5	12,4	12,7	12,9										
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1										
	S Tumpuan (cm)	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3	13,2	13,1	11,3										
	S Lapangan (cm)	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8	17,2	20,3	19,8										

Tabel 11. Data Lapangan Balok B2R Proyek A

B2R	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	28,6	29	31,2	30,1	30,5	29,8	28,6	29	31,2	30,1	30,5	29,8	28,6	29	31,2	30,1	30,5	29,8	28,6	29
	ht (cm)	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50	50,2
	dp (mm)	16,8	16	16,5	15,5	16	15,2	16,8	16	16,5	15,5	16	15,2	16,8	16	16,5	15,5	16	15,2	16,8	16
	ds (mm)	11	11	10	9	10	10	11	11	10	9	10	10	11	11	10	9	10	10	11	11
	sb (cm)	3,5	3,6	3,7	3,9	4	3,6	3,5	3,6	3,7	3,9	4	3,6	3,5	3,6	3,7	3,9	4	3,6	3,5	3,6
	S Tumpuan (cm)	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2
	S Lapangan (cm)	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2

Lanjutan Tabel 11. Data Lapangan Balok B2R Proyek A

B2R	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	31,2	30,1	30,5	29,8	28,6	29	31,2	30,1	30,5	29,8	28,6	29	31,2	30,1	30,5	29,8	28,6	29	31,2	30,1
	ht (cm)	49,6	49,7	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7
	dp (mm)	16,5	15,5	16	15,2	16,8	16	16,5	15,5	16	15,2	16,8	16	16,5	15,5	16	15,2	16,8	16	16,5	15,5
	ds (mm)	10	9	10	10	11	11	10	9	10	10	11	11	10	9	10	10	11	11	10	9
	sb (cm)	3,7	3,9	4	3,6	3,5	3,6	3,7	3,9	4	3,6	3,5	3,6	3,7	3,9	4	3,6	3,5	3,6	3,7	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2	10,3	9,6	9,7	11,1	11,2
	S Lapangan (cm)	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2	20,5	20,3	20,1	20,3	20,2

Tabel 12. Data Lapangan Kolom K1 Proyek A

K1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	99,9	100, 1	100	99,6	99,8	100	100, 1	99,9	100, 2	100	100, 2	100, 1	100, 3	99,8	99,5	99,9	100, 1	99,6	99,8	100
	ht (cm)	99,8 9	98,5	102, 5	100,3	100, 1	100, 1	100, 2	99,8	99,7	100,1	100	99,9	99,9	100	100, 1	100,2	99,8	100	100	99,9
	dp (mm)	24,5	25,5	25	24,5	24,9	25,1	24,2	25,2	25,1	25	24,8	24,9	24,8	25	24,9	24,9	25,1	25	25	24,9
	ds (mm)	9	9	10	11	8	8	11	11	10	10	9	9	10	11	10	10	10	11	9	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	15,1	15	14,9	14,9	15	14,7	15,1	15	15,2	14,9	14,7	15,1	15	15,2	14,9	15	14,9	14,9	15	15,1
	S Lapangan (cm)	20,1	20	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19,9	19,8	20	20	19,9	20,2	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19,9	19,8

Lanjutan Tabel 12. Data Lapangan Kolom K1 Proyek A

K1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	99,9	100, 1	100	99,6	99,8	100	100, 1	99, 9	100, 2	100	100, 2	100, 1	100, 3	99, 8	99,5	99,9	100, 1	99, 6	99, 8	100
	ht (cm)	99,8 9	98,5	102, 5	100, 3	100, 1	100, 1	100, 2	99, 8	99,7	100, 1	100	99,9	99,9	100	100, 1	100, 2	99,8	100	100	99, 9
	dp (mm)	24,5	25,5	25	24,5	24,9	25,1	24,2	25, 2	25,1	25	24,8	24,9	24,8	25	24,9	24,9	25,1	25	25	24, 9
	ds (mm)	9	9	10	11	8	8	11	11	10	10	9	9	10	11	10	10	10	11	9	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	15,1	15	14,9	14,9	15	14,7	15,1	15	15,2	14,9	14,7	15,1	15	15, 2	14,9	15	14,9	14, 9	15	15, 1
	S Lapangan (cm)	20,1	20	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19, 9	19,8	20	20	19,9	20,2	19, 9	19,8	20,1	20	20, 2	19, 9	19, 8

Tabel 13. Data Lapangan Kolom K1B Proyek A

K1B	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	99,9	100, 1	100	99,6	99,8	100	100, 1	99,9	100, 2	100	100, 2	100, 1	100, 3	99,8	99,5	99,9	100, 1	99,6	99,8	100
	ht (cm)	99,8 9	98,5	102, 5	100,3	100, 1	100, 1	100, 2	99,8	99,7	100,1	100	99,9	99,9	100	100, 1	100,2	99,8	100	100	99,9
	dp (mm)	24,5	25,5	25	24,5	24,9	25,1	24,2	25,2	25,1	25	24,8	24,9	24,8	25	24,9	24,9	25,1	25	25	24,9
	ds (mm)	9	9	10	11	8	8	11	11	10	10	9	9	10	11	10	10	10	11	9	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	10,1	10	9,9	9,9	10	9,7	10,1	10	10,2	9,9	9,7	10,1	10	10,2	9,9	10	9,9	9,9	10	10
	S Lapangan (cm)	20,1	20	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19,9	19,8	20	20	19,9	20,2	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19,9	19,8

Lanjutan Tabel 13. Data Lapangan Kolom K1B Proyek A

K1B	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	99,9	100, 1	100	99,6	99,8	100	100, 1	99,9	100, 2	100	100, 2	100, 1	100, 3	99,8	99,5	99,9	100, 1	99,6	99,8	100
	ht (cm)	99,8 9	98,5	102, 5	100,3	100, 1	100, 1	100, 2	99,8	99,7	100,1	100	99,9	99,9	100	100, 1	100,2	99,8	100	100	99,9
	dp (mm)	24,5	25,5	25	24,5	24,9	25,1	24,2	25,2	25,1	25	24,8	24,9	24,8	25	24,9	24,9	25,1	25	25	24,9
	ds (mm)	9	9	10	11	8	8	11	11	10	10	9	9	10	11	10	10	10	11	9	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	10,1	10	9,9	9,9	10	9,7	10,1	10	10,2	9,9	9,7	10,1	10	10,2	9,9	10	9,9	9,9	10	10
	S Lapangan (cm)	20,1	20	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19,9	19,8	20	20	19,9	20,2	19,9	19,8	20,1	20	20,2	19,9	19,8

Tabel 14. Data Lapangan Kolom K2 Proyek A

K2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	80,7	80,5	80,1	80,2	80,3	80,1	80,3	80,4	80,4	80,3	80,4	80,5	80,1	79,8	80,1	80,2	80,3	80,1	80	80
	ht (cm)	100	99,5	99,8	100,1	100,2	100,2	100,3	100,5	100,1	99,8	100,1	100,1	100,3	100,1	99,6	99,7	100,1	100,2	99,8	100,1
	dp (mm)	24,5	25	26	25	24	25	26	25	25	25	26	26	26	24	24	25	25	25	25	25
	ds (mm)	11	10	10	11	10	11	9	11	10	10	11	10	10	10	10	10	9	11	10	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	11,7	11,3	10,8	10,7	10,2	11,1	9,9	9,8	10,1	10	11,1	10,2	10,8	11,1	9,9	11,3	11,6	10,8	10,1	10
	S Lapangan (cm)	18,3	19,8	19,9	18,8	20,1	19,8	20,1	20,1	19,9	19,9	20,1	19,8	20,1	18,8	19,8	19,9	19,3	20	19,9	19,6

Lanjutan Tabel 14. Data Lapangan Kolom K2 Proyek A

K2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	80,7	80,5	80,1	80,2	80,3	80,1	80,3	80,4	80,4	80,3	80,4	80,5	80,1	79,8	80,1	80,2	80,3	80,1	80	80
	ht (cm)	100	99,5	99,8	100,1	100,2	100,2	100,3	100,5	100,1	99,8	100,1	100,1	100,3	100,1	99,6	99,7	100,1	100,2	99,8	100,1
	dp (mm)	24,5	25	26	25	24	25	26	25	25	25	26	26	26	24	24	25	25	25	25	25
	ds (mm)	11	10	10	11	10	11	9	11	10	10	11	10	10	10	10	10	9	11	10	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	11,7	11,3	10,8	10,7	10,2	11,1	9,9	9,8	10,1	10	11,1	10,2	10,8	11,1	9,9	11,3	11,6	10,8	10,1	10
	S Lapangan (cm)	18,3	19,8	19,9	18,8	20,1	19,8	20,1	20,1	19,9	19,9	20,1	19,8	20,1	18,8	19,8	19,9	19,3	20	19,9	19,6

Tabel 15. Data Lapangan Kolom K2B Proyek A

K2B	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	80,7	80,5	80,1	80,2	80,3	80,1	80,3	80,4	80,4	80,3	80,4	80,5	80,1	79,8	80,1	80,2	80,3	80,1	80	80
	ht (cm)	100	99,5	99,8	100,1	100,2	100,2	100,3	100,5	100,1	99,8	100,1	100,1	100,3	100,1	99,6	99,7	100,1	100,2	99,8	100,1
	dp (mm)	24,5	25	26	25	24	25	26	25	25	25	26	26	26	24	24	25	25	25	25	25
	ds (mm)	11	10	10	11	10	11	9	11	10	10	11	10	10	10	10	10	9	11	10	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	11,7	11,3	10,8	10,7	10,2	11,1	9,9	9,8	10,1	10	11,1	10,2	10,8	11,1	9,9	11,3	11,6	10,8	10,1	10
	S Lapangan (cm)	18,3	19,8	19,9	18,8	20,1	19,8	20,1	20,1	19,9	19,9	20,1	19,8	20,1	18,8	19,8	19,9	19,3	20	19,9	19,6

Lanjutan Tabel 15. Data Lapangan Kolom K2B Proyek A

K2B	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	80,7	80,5	80,1	80,2	80,3	80,1	80,3	80,4	80,4	80,3	80,4	80,5	80,1	79,8	80,1	80,2	80,3	80,1	80	80
	ht (cm)	100	99,5	99,8	100,1	100,2	100,2	100,3	100,5	100,1	99,8	100,1	100,1	100,3	100,1	99,6	99,7	100,1	100,2	99,8	100,1
	dp (mm)	24,5	25	26	25	24	25	26	25	25	25	26	26	26	24	24	25	25	25	25	25
	ds (mm)	11	10	10	11	10	11	9	11	10	10	11	10	10	10	10	10	9	11	10	10
	sb (cm)	3	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	2,9	2,9	3	3	2,9	2,9	3,1	3	3	2,9	3	2,9	3
	S Tumpuan (cm)	11,7	11,3	10,8	10,7	10,2	11,1	9,9	9,8	10,1	10	11,1	10,2	10,8	11,1	9,9	11,3	11,6	10,8	10,1	10
	S Lapangan (cm)	18,3	19,8	19,9	18,8	20,1	19,8	20,1	20,1	19,9	19,9	20,1	19,8	20,1	18,8	19,8	19,9	19,3	20	19,9	19,6

Tabel 16. Data Lapangan Kolom K7 Proyek A

K7	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	60,3	60,2	59,7	59,9	59,8	60,1	59,8	59,9	59,8	59,8	59,7	59,9	60,1	60	60	59,8	59,6	59,9	59,7	59,8
	ht (cm)	120	119, 8	119, 9	120,1	120, 1	120	120, 1	119, 8	119, 9	120	120	119, 9	119, 9	119, 8	120, 1	120	119, 9	119, 8	120	120
	dp (mm)	24	24,6	25	25,1	24,9	24,8	25,1	24,6	24,8	24,9	24,9	24,8	24,6	24,8	24,9	25,1	25,1	25	24,8	24,8
	ds (mm)	9	10	9	11	10,5	9	8	9	11	10	9	9	11	10	9	9	10	9	9	10
	sb (cm)	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1	2,8	3	2,9	3	2,9	3,1	3	2,9	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1
	S Tumpuan (cm)	10	11	9,8	9,5	9,7	9,8	9,6	9,9	10,1	10	11	9,8	9,5	9,7	10,1	10	9,9	10,1	10	11
	S Lapangan (cm)	19,8	18,6	18,5	19,1	19,2	19,6	19,8	19,7	19,6	19,88	19,8	19,7	19,6	20	19,5	18,6	19,4	19,2	19,8	19,6

Lanjutan Tabel 16. Data Lapangan Kolom K7 Proyek A

K7	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	60,3	60,2	59,7	59,9	59,8	60,1	59,8	59,9	59,8	59,8	59,7	59,9	60,1	60	60	59,8	59,6	59,9	59,7	59,8
	ht (cm)	120	119, 8	119, 9	120,1	120, 1	120	120, 1	119, 8	119, 9	120	120	119, 9	119, 9	119, 8	120, 1	120	119, 9	119, 8	120	120
	dp (mm)	24	24,6	25	25,1	24,9	24,8	25,1	24,6	24,8	24,9	24,9	24,8	24,6	24,8	24,9	25,1	25,1	25	24,8	24,8
	ds (mm)	9	10	9	11	10,5	9	8	9	11	10	9	9	11	10	9	9	10	9	9	10
	sb (cm)	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1	2,8	3	2,9	3	2,9	3,1	3	2,9	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1
	S Tumpuan (cm)	10	11	9,8	9,5	9,7	9,8	9,6	9,9	10,1	10	11	9,8	9,5	9,7	10,1	10	9,9	10,1	10	11
	S Lapangan (cm)	19,8	18,6	18,5	19,1	19,2	19,6	19,8	19,7	19,6	19,88	19,8	19,7	19,6	20	19,5	18,6	19,4	19,2	19,8	19,6

Tabel 17. Data Lapangan Kolom K8 Proyek A

K8	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	60,8	61,1	60,1	59,8	60,1	61,2	61,1	60,1	60,1	59,99	59,8	60,1	59,9	60,1	60,1	59,2	59,4	59,9	60	60
	ht (cm)	99,7	99,6	99,8	100,1	100,1	100,1	100,2	100,2	100,3	100,4	100,1	100,2	100	100,2	100,3	100,4	100	100	100,2	100,2
	dp (mm)	26	25	25	26	24	25	25	25	24,5	25	26	25	25,6	25	24	25	25	25	25	25
	ds (mm)	11	10	9	10	10	11	10	11	10	10	11	11	10	10	10	11	10	9	10	10
	sb (cm)	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1	2,8	3	2,9	3	2,9	3,1	3	2,9	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1
	S Tumpuan (cm)	9,1	10,2	10,8	11,1	9,8	9,8	9,9	9,6	10,1	10	10,1	9,7	9,8	9,6	9,7	9,6	9,9	9,4	10	9,5
	S Lapangan (cm)	20,2	21,5	19,8	20,1	19,9	20	19,8	20,1	21	19,9	19,6	20	20,1	19,5	19,8	19,7	19,9	19,9	19,6	19,5

Lanjutan Tabel 17. Data Lapangan Kolom K8 Proyek A

K8	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	60,8	61,1	60,1	59,8	60,1	61,2	61,1	60,1	60,1	59,99	59,8	60,1	59,9	60,1	60,1	59,2	59,4	59,9	60	60
	ht (cm)	99,7	99,6	99,8	100,1	100,1	100,1	100,2	100,2	100,3	100,4	100,1	100,2	100	100,2	100,3	100,4	100	100	100,2	100,2
	dp (mm)	26	25	25	26	24	25	25	25	24,5	25	26	25	25,6	25	24	25	25	25	25	25
	ds (mm)	11	10	9	10	10	11	10	11	10	10	11	11	10	10	10	11	10	9	10	10
	sb (cm)	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1	2,8	3	2,9	3	2,9	3,1	3	2,9	3,1	3	2,9	2,9	3	3,1
	S Tumpuan (cm)	9,1	10,2	10,8	11,1	9,8	9,8	9,9	9,6	10,1	10	10,1	9,7	9,8	9,6	9,7	9,6	9,9	9,4	10	9,5
	S Lapangan (cm)	20,2	21,5	19,8	20,1	19,9	20	19,8	20,1	21	19,9	19,6	20	20,1	19,5	19,8	19,7	19,9	19,9	19,6	19,5

Tabel 18. Data Lapangan Pelat PL1 Proyek A

PL1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	11,8 5	11,9	12,2	11,5	12	12,1	11,8	11,9	11,8	12	11,8 5	11,9	12,2	11,5	12	12,1	11,8	11,9	11,8	12
	dp (mm)	8	11	10	9	8	9	10	11	10	11	11	10	9	10	11	10	11	11	10	9,9
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Tump. X (cm)	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	14,9	14,6
	S Lap. X (cm)	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,4
	S Tump. Y (cm)	15,1	15,8	14,9	14,4	16,4	16,5	16,1	15,3	14,8	14,6	15	16,1	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	14,9	14,6
	S Lap. Y (cm)	18,8	19,6	18,8	20,3	16,9	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,4

Lanjutan Tabel 18. Data Lapangan Pelat PL1 Proyek A

PL1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	11,8 5	11,9	12,2	11,5	12	12,1	11,8	11,9	11,8	12	11,8 5	11,9	12,2	11,5	12	12,1	11,8	11,9	11,8	12
	dp (mm)	11	9	10	11	10	11	11	10	8	11	10	9	8	9	10	11	10	11	11	10
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Tump. X (cm)	14,6	14,9	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8
	S Lap. X (cm)	17,6	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9
	S Tump. Y (cm)	14,5	14,2	15,3	15,1	16,3	14	17,4	17,1	17,1	16,3	15,8	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8
	S Lap. Y (cm)	18,9	19,8	19,9	21,2	18,9	20,1	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9

Tabel 19. Data Lapangan Pelat PL2 Proyek A

PL2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,5	12,6	12,6	12,6	12,7	12,8	12,6	12,5	12,9	13	12,5	12,6	12,6	12,6	12,7	12,8	12,6	12,5	12,9	13
	dp (mm)	8	11	10	9	8	9	10	11	10	11	11	10	9	10	11	10	11	11	10	9,9
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Tump. X (cm)	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	14,9	14,6
	S Lap. X (cm)	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,4
	S Tump. Y (cm)	15,1	15,8	14,9	14,4	16,4	16,5	16,1	15,3	14,8	14,6	15	16,1	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	14,9	14,6
	S Lap. Y (cm)	18,8	19,6	18,8	20,3	16,9	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,4

Lanjutan Tabel 19. Data Lapangan Pelat PL2 Proyek A

PL2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,8	12,6	12,5	12,9	13	12,5	12,6	12,6	12,6	12,7	12,8	12,6	12,5	12,9	13	12,5	12,6	12,6	12,6	12,7
	dp (mm)	11	9	10	11	10	11	11	10	8	11	10	9	8	9	10	11	10	11	11	10
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Tump. X (cm)	14,6	14,9	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8
	S Lap. X (cm)	17,6	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9
	S Tump. Y (cm)	14,5	14,2	15,3	15,1	16,3	14	17,4	17,1	17,1	16,3	15,8	15	15	16	14	17,4	16,7	17,1	16,3	15,8
	S Lap. Y (cm)	18,9	19,8	19,9	21,2	18,9	20,1	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9	20	18,7	18,8	21,2	17,2	20,1	19,9

Tabel 20. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Balok Proyek A

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	363,54	11	417,25	21	443,89	31	380,85	41	363,54	51	363,54	61	340,46	71	375,08
2	375,08	12	443,89	22	340,46	32	386,63	42	372,20	52	331,81	62	363,54	72	380,85
3	386,63	13	461,65	23	363,54	33	357,77	43	443,89	53	326,03	63	334,69	73	357,77
4	372,20	14	461,65	24	334,69	34	461,65	44	461,65	54	340,46	64	369,31	74	363,54
5	340,46	15	443,89	25	369,31	35	417,25	45	443,89	55	399,49	65	375,08	75	372,20
6	375,08	16	363,54	26	375,08	36	443,89	46	363,54	56	470,52	66	357,77	76	375,08
7	380,85	17	363,54	27	357,77	37	461,65	47	363,54	57	488,28	67	426,14	77	363,54
8	386,63	18	372,20	28	352,00	38	461,65	48	369,31	58	488,28	68	417,25	78	375,08
9	357,77	19	443,89	29	352,00	39	443,89	49	352,00	59	340,46	69	443,89	79	461,65
10	461,65	20	461,65	30	363,54	40	363,54	50	352,00	60	443,89	70	375,08	80	566,89

Tabel 21. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Kolom Proyek A

No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)	No.	f'_c umur 28 hari (MPa)
1	31,45	11	43,99	21	37,18	31	32,31	41		51		61		71	
2	35,75	12	43,82	22	33,25	32	35,20	42		52		62		72	
3	34,05	13	40,00	23	36,60	33	31,74	43		53		63		73	
4	40,74	14	35,80	24	32,34	34	34,04	44		54		64		74	
5	36,05	15	36,65	25	32,55	35	33,47	45		55		65		75	
6	34,48	16	37,62	26	33,06	36	33,61	46		56		66		76	
7	48,58	17	36,01	27	34,76	37	32,59	47		57		67		77	
8	51,71	18	34,35	28	34,90	38	33,10	48		58		68		78	
9	50,14	19	36,67	29	37,62	39		49		59		69		79	
10	48,17	20	38,71	30	37,47	40		50		60		70		80	

Tabel 22. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Pelat Proyek A

No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)
1	32,53	11	45,26	21	45,26	31	34,51	41	40,91	51	37,34	61	35,64	71	33,94
2	31,96	12	43,52	22	37,34	32	34,51	42	43,52	52	35,08	62	33,94	72	36,77
3	33,38	13	35,64	23	37,90	33	35,64	43	40,74	53	35,64	63	36,77	73	36,49
4	34,51	14	35,64	24	35,08	34	33,38	44	43,88	54	36,49	64	36,49	74	35,08
5	34,51	15	36,49	25	39,17	35	35,64	45	42,31	55	36,77	65	35,08	75	36,21
6	35,64	16	45,26	26	46,13	36	32,81	46	42,31	56	35,64	66	36,21	76	36,77
7	35,64	17	40,91	27	47,87	37	36,21	47	39,95	57	36,77	67	34,51	77	36,77
8	35,64	18	43,52	28	47,87	38	36,77	48	43,09	58	45,26	68	37,90	78	37,34
9	36,21	19	45,26	29	51,35	39	35,08	49	36,77	59	45,26	69	36,21	79	32,53
10	43,52	20	43,52	30	43,52	40	41,78	50	36,77	60	46,13	70	35,64	80	31,96

Tabel 23. Data Lapangan Nilai Kuat Tarik Baja Proyek A

Diameter Tulangan	fy (MPa)
D25	407,14
	410,45
	390,63
D22	457,57
	455,34
	460,18
D19	466,37
	465,96
	460,58
D16	476,03
	480,65
	480,35
D13	491,14
	473,02
	480,75
D10	523,49
	526,59
	523,39

Lampiran 3 Data Lapangan Proyek B

Tabel 24. Data Lapangan Balok BI Proyek B

BI	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	28,7	29	29,6	29,2	30,2	30,3	30,2	30,4	30	29,9	30,9	29,8	29,9	30,1	29,6	29,6	29,4	29,8	29,9	29,8
	ht (cm)	65,4	64,8	65,1	64,8	64,7	64,6	65,2	64,6	64,5	64,9	65,1	64,8	64,7	65,1	64,2	64,3	64,7	65,1	65	64,8
	dp (mm)	15,2	16,5	15,5	15,6	16,1	15,9	15,6	15,8	15,9	15,4	15,5	15,9	16,1	16	16	15,5	15,6	15,8	15,6	15,5
	ds (mm)	7,7	7,7	7,6	7,5	7,5	7,9	8,1	8	8	7,9	8,1	8	7,9	7,7	7,7	7,6	7,9	8	8	7,89
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1
	S Lapangan (cm)	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7

Lanjutan Tabel 24. Data Lapangan Balok BI Proyek B

BI	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	30,2	29,6	29,7	29,6	29,8	30,4	30	29,9	30,1	29,8	29,8	29,9	30	28,9	29,5	29,4	29,6	29,8	29,7	29,8
	ht (cm)	64,8	65,6	63,9	65,7	64,3	64,7	64,6	64,8	64,9	65,2	65	64,8	64,6	65	64,5	64,9	64,3	64,7	64,8	64,8
	dp (mm)	15,8	17,5	16	16,1	15,5	15,5	15,8	15,6	15,7	15,6	15,2	15,5	15,8	15,8	15,9	15,6	15,5	15,8	15,9	16
	ds (mm)	8	7,6	7,7	7,5	7	7,9	8,1	8	8,1	7,9	8	7,7	7,6	8,1	8,2	7,7	7,6	7,5	7,4	7,7
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65
	S Lapangan (cm)	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6

Lanjutan Tabel 24. Data Lapangan Balok BI Proyek B

BI	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	30,7	30,8	30,1	30,6	29,9	30,1	30,8	30,9	30,9	30,7	30,6	30,4	30,9	30,8	30,7	30,8	30,9	30,1	31	30,8
	ht (cm)	64,8	64,7	64,6	63,9	65,7	64,3	64,7	64,6	64,8	64,9	64,7	65,1	64,9	64,7	64,9	65,3	64,7	64,9	65,1	64,5
	dp (mm)	16,2	15,8	15,6	15,9	15,5	15,5	15,6	15,6	15,9	15,8	15,8	15,6	15,7	15,5	15,1	15,4	15,6	15,8	15,5	15,8
	ds (mm)	8	8	7,9	8,1	7,7	7,9	7,7	7,8	8,1	7,9	7,6	7,9	8	7,9	8	7,7	7,7	7,9	7,9	8,1
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,5
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7	9,1	8,1	9,5	9,65	9,8	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7	15,2	15,7	14,5 7	14,6	14,9	14,7

Tabel 25. Data Lapangan Balok BA Proyek B

BA	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	18,7	19	19,6	19,2	20,2	20,3	20,2	20,4	20	19,9	20,9	19,8	19,9	20,1	19,6	19,6	19,4	19,8	19,9	19,8
	ht (cm)	30,4	29,8	30,1	29,8	29,7	29,6	30,2	29,6	29,5	29,9	30,1	29,8	29,7	30,1	29,2	29,3	29,7	30,1	30	29,8
	dp (mm)	15,2	16,5	15,5	15,6	16,1	15,9	15,6	15,8	15,9	15,4	15,5	15,9	16,1	16	16	15,5	15,6	15,8	15,6	15,5
	ds (mm)	7,7	7,7	7,6	7,5	7,5	7,9	8,1	8	8	7,9	8,1	8	7,9	7,7	7,7	7,6	7,9	8	8	7,89
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2
	S Lapangan (cm)	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2

Lanjutan Tabel 25. Data Lapangan Balok BA Proyek B

BA	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	20,2	19,6	19,7	19,6	19,8	10,4	20	19,9	20,1	19,8	19,8	19,9	20	18,9	19,5	19,4	19,6	19,8	19,7	19,8
	ht (cm)	29,8	30,6	28,9	28,6	29,3	29,7	29,6	29,8	29,9	30,2	28,7	29,8	29,6	30	29,5	29,9	29,3	29,7	29,8	29,8
	dp (mm)	15,8	17,5	16	16,1	15,5	15,5	15,8	15,6	15,7	15,6	15,2	15,5	15,8	15,8	15,9	15,6	15,5	15,8	15,9	16
	ds (mm)	8	7,6	7,7	7,5	7	7,9	8,1	8	8,1	7,9	8	7,7	7,6	8,1	8,2	7,7	7,6	7,5	7,4	7,7
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1
	S Lapangan (cm)	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2

Lanjutan Tabel 25. Data Lapangan Balok BA Proyek B

BA	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	20,7	20,8	20,1	20,6	19,9	20,1	20,8	20,9	20,9	20,7	20,6	20,4	20,9	20,8	20,7	20,8	20,9	20,1	21	20,8
	ht (cm)	28,6	30,7	29,6	30,9	29,7	30,3	29,7	29,6	28,8	29,9	30,7	30,1	29,9	28,7	29,9	29,3	29,7	29,9	30,1	29,5
	dp (mm)	16,2	15,8	15,6	15,9	15,5	15,5	15,6	15,6	15,9	15,8	15,8	15,6	15,7	15,5	15,1	15,4	15,6	15,8	15,5	15,8
	ds (mm)	8	8	7,9	8,1	7,7	7,9	7,7	7,8	8,1	7,9	7,6	7,9	8	7,9	8	7,7	7,7	7,9	7,9	8,1
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,5
	S Tumpuan (cm)	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8	14,3	17,2	14,2	16,1	15,2	14,8
	S Lapangan (cm)	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15	15,3	16,2	14,9	15,2	14,8	15

Tabel 26. Data Lapangan Kolom K1 Proyek B

K1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	49,3	49,8	49,2	49,9	49,3	49,4	50,2	50	50,4	50	50,1	50,1	49,8	50,1	49,8	50,1	49,8	50	50,1	49,8
	ht (cm)	49	49,3	49,3	50,1	50	49	48,9	49,1	49,2	49,9	49,8	49,9	49,9	50,1	49,9	49,9	50,1	49,9	49,9	50,1
	dp (mm)	14,5	14,9	17	15,9	16,1	15	14,5	15	15,9	15,8	16	16,1	15,9	15,5	15,8	16	15,9	16,1	15,9	15,5
	ds (mm)	8,1	7	8,2	7,6	8	7,8	8,1	8,2	8,1	7,8	7	8,1	8	8	8,2	8,1	7,9	7,9	7,8	8
	sb (cm)	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4
	S Tumpuan (cm)	9,5	9,7	11,4	11,1	10,2	9,8	9,9	10,9	11,1	10,2	10,2	11,1	10,9	9,9	9,8	10,2	11,1	11,5	9,6	9,7
	S Lapangan (cm)	15,2	15,9	16,1	15,9	15,3	15,6	15,1	14,2	15,3	16,1	16,1	15,3	14,2	15,1	15,6	15,3	15,9	16,2 1	15,9	15,2

Lanjutan Tabel 26. Data Lapangan Kolom K1 Proyek B

K1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	49,3	49,8	49,2	49,9	49,3	49,4	50,2	50	50,4	50	50,1	50,1	49,8	50,1	49,8	50,1	49,8	50	50,1	49,8
	ht (cm)	49	49,3	49,3	50,1	50	49	48,9	49,1	49,2	49,9	49,8	49,9	49,9	50,1	49,9	49,9	50,1	49,9	49,9	50,1
	dp (mm)	14,5	14,9	17	15,9	16,1	15	14,5	15	15,9	15,8	16	16,1	15,9	15,5	15,8	16	15,9	16,1	15,9	15,5
	ds (mm)	8,1	7	8,2	7,6	8	7,8	8,1	8,2	8,1	7,8	7	8,1	8	8	8,2	8,1	7,9	7,9	7,8	8
	sb (cm)	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4
	S Tumpuan (cm)	9,5	9,7	11,4	11,1	10,2	9,8	9,9	10,9	11,1	10,2	10,2	11,1	10,9	9,9	9,8	10,2	11,1	11,5	9,6	9,7
	S Lapangan (cm)	15,2	15,9	16,1	15,9	15,3	15,6	15,1	14,2	15,3	16,1	16,1	15,3	14,2	15,1	15,6	15,3	15,9	16,2 1	15,9	15,2

Tabel 27. Data Lapangan Kolom K2 Proyek B

K2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	14,4	14,2	14,7	15,4	14	14,1	14,6	14,3	14,6	15,6	15,4	15,3	15,5	15,1	14,8	14,7	14,6	14,6	14,7	14,8
	ht (cm)	39,8	40,2	40,2	40,3	39,8	40,4	39,8	40,2	40,4	40,1	39,9	39,8	39,9	40,2	40,1	39,8	39,6	39,8	40	39,6
	dp (mm)	11,2	11,9	12,1	12	11,5	11	11,8	11,7	12,1	11,9	11	11,8	11,7	12,1	11,9	11,1	11,9	12,1	12	11,5
	ds (mm)	8	8,2	7	7,6	8,1	7,9	8,1	8	8,2	7	7,6	8,1	7,9	8,1	8	8,1	7,6	8,1	7,9	8,1
	sb (cm)	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4
	S Tumpuan (cm)	11,7	13,3	15,4	11,7	11,7	9,8	15,6	12,7	14,5	14,6	13,2	13,7	15,1	15,1	14,8	10,2	11,1	11,5	9,6	9,7
	S Lapangan (cm)	11,7	13,3	15,4	11,7	11,7	9,8	15,6	12,7	14,5	14,6	13,2	13,7	15,1	15,1	14,8	10,2	11,1	11,5	9,6	9,7

Lanjutan Tabel 27. Data Lapangan Kolom K2 Proyek B

K2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	14,4	14,2	14,7	15,4	14	14,1	14,6	14,3	14,6	15,6	15,4	15,3	15,5	15,1	14,8	14,7	14,6	14,6	14,7	14,8
	ht (cm)	39,8	40,2	40,2	40,3	39,8	40,4	39,8	40,2	40,4	40,1	39,9	39,8	39,9	40,2	40,1	39,8	39,6	39,8	40	39,6
	dp (mm)	11,2	11,9	12,1	12	11,5	11	11,8	11,7	12,1	11,9	11	11,8	11,7	12,1	11,9	11,1	11,9	12,1	12	11,5
	ds (mm)	8	8,2	7	7,6	8,1	7,9	8,1	8	8,2	7	7,6	8,1	7,9	8,1	8	8,1	7,6	8,1	7,9	8,1
	sb (cm)	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4	3,9	4	4	4
	S Tumpuan (cm)	11,7	13,3	15,4	11,7	11,7	9,8	15,6	12,7	14,5	14,6	13,2	13,7	15,1	15,1	14,8	10,2	11,1	11,5	9,6	9,7
	S Lapangan (cm)	11,7	13,3	15,4	11,7	11,7	9,8	15,6	12,7	14,5	14,6	13,2	13,7	15,1	15,1	14,8	10,2	11,1	11,5	9,6	9,7

Tabel 28. Data Lapangan Pelat PL1 Proyek B

PL1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	11,9	12
	dp (mm)	9,5	9,2	9	10	9,8	11	9	9,7	10	9,9	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,9	10	9,8
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	19,9	9,8	20,1	19,9	21,1	17,5	17,8	20,1	19,9	18,9	19,9	19,8	20,2	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6
	S Arah Y (cm)	20,1	19,6	20,1	19,9	21,1	20,1	20,2	20,1	19,9	19,9	19,9	19,8	20,1	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6

Lanjutan Tabel 28. Data Lapangan Pelat PL1 Proyek B

PL1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,1	11,8	11,9	12	11,7	11,9	11,8	12,1	14	13,2	13,1	12,8	12,8	11,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	18,6	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	19,7	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8
	S Arah Y (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	19,8	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	20,3	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8

Tabel 29. Data Lapangan Pelat PL2 Proyek B

PL2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	11,9	12
	dp (mm)	9,5	9,2	9	10	9,8	11	9	9,7	10	9,9	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,9	10	9,8
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	19,9	9,8	20,1	19,9	21,1	17,5	17,8	20,1	19,9	18,9	19,9	19,8	20,2	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6
	S Arah Y (cm)	20,1	19,6	20,1	19,9	21,1	20,1	20,2	20,1	19,9	19,9	19,9	19,8	20,1	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6

Lanjutan Tabel 29. Data Lapangan Pelat PL2 Proyek B

PL2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,1	11,8	11,9	12	11,7	11,9	11,8	12,1	14	13,2	13,1	12,8	12,8	11,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	18,6	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	19,7	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8
	S Arah Y (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	19,8	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	20,3	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8

Tabel 30. Data Lapangan Pelat PLP Proyek B

PLP	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	11,9	12
	dp (mm)	9,5	9,2	9	10	9,8	11	9	9,7	10	9,9	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,9	10	9,8
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	29,9	29,8	30,1	29,9	31,1	27,5	27,8	30,1	29,9	28,9	29,9	29,8	30,2	29,9	29,8	29,9	30,1	31,3	29,5	29,6
	S Arah Y (cm)	30,1	29,6	30,1	29,9	31,1	30,1	30,2	30,1	29,9	29,9	29,9	29,8	30,2	29,9	29,8	29,9	30,1	31,3	29,5	29,6

Lanjutan Tabel 30. Data Lapangan Pelat PLP Proyek B

PLP	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,1	11,8	11,9	12	11,7	11,9	11,8	12,1	14	13,2	13,1	12,8	12,8	11,8	12,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	29,9	29,7	29,5	29,4	29,6	29,8	29,3	28,6	30,1	30,1	30,2	29,8	29,9	29,8	29,7	30,1	30,4	29,5	29,6	29,8
	S Arah Y (cm)	29,9	29,7	29,4	29,5	29,7	29,6	29,5	29,8	30,1	30	30,1	29,8	29,9	29,7	30,3	30	30	29,5	29,6	29,8

Tabel 31. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Balok Proyek B

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	201,95	11	288,53	21	230,81	31	161,57	41	217,17	51	226,43	61	246,53	71	
2	243,33	12	347,60	22	278,09	32	194,66	42	261,65	52	272,81	62	297,02	72	
3	187,53	13	259,68	23	236,58	33	215,11	43	217,17	53	204,43	63	229,33	73	
4	225,95	14	312,85	24	285,04	34	259,16	44	261,65	54	246,31	64	276,31	74	
5	230,83	15	302,95	25	201,96	35	226,43	45	203,14	55	238,50	65		75	
6	278,10	16	365,00	26	243,33	36	272,81	46	244,75	56	287,36	66		76	
7	245,25	17	242,35	27	213,50	37	215,79	47	225,71	57	251,79	67		77	
8	295,48	18	291,99	28	257,23	38	259,99	48	271,95	58	267,69	68		78	
9	274,10	19	259,66	29	173,11	39	221,47	49	226,43	59	239,26	69		79	
10	330,23	20	312,85	30	208,57	40	266,84	50	272,81	60	288,27	70		80	

Tabel 32. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Kolom Proyek B

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	201,95	11	288,53	21	230,81	31	161,57	41	217,17	51	226,43	61	246,53	71	
2	243,33	12	347,60	22	278,09	32	194,66	42	261,65	52	272,81	62	297,02	72	
3	187,53	13	259,68	23	236,58	33	215,11	43	217,17	53	204,43	63	229,33	73	
4	225,95	14	312,85	24	285,04	34	259,16	44	261,65	54	246,31	64	276,31	74	
5	230,83	15	302,95	25	201,96	35	226,43	45	203,14	55	238,50	65		75	
6	278,10	16	365,00	26	243,33	36	272,81	46	244,75	56	287,36	66		76	
7	245,25	17	242,35	27	213,50	37	215,79	47	225,71	57	251,79	67		77	
8	295,48	18	291,99	28	257,23	38	259,99	48	271,95	58	267,69	68		78	
9	274,10	19	259,66	29	173,11	39	221,47	49	226,43	59	239,26	69		79	
10	330,23	20	312,85	30	208,57	40	266,84	50	272,81	60	288,27	70		80	

Tabel 33. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Pelat Proyek B

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	201,95	11	288,53	21	230,81	31	161,57	41	217,17	51	226,43	61	246,53	71	
2	243,33	12	347,60	22	278,09	32	194,66	42	261,65	52	272,81	62	297,02	72	
3	187,53	13	259,68	23	236,58	33	215,11	43	217,17	53	204,43	63	229,33	73	
4	225,95	14	312,85	24	285,04	34	259,16	44	261,65	54	246,31	64	276,31	74	
5	230,83	15	302,95	25	201,96	35	226,43	45	203,14	55	238,50	65		75	
6	278,10	16	365,00	26	243,33	36	272,81	46	244,75	56	287,36	66		76	
7	245,25	17	242,35	27	213,50	37	215,79	47	225,71	57	251,79	67		77	
8	295,48	18	291,99	28	257,23	38	259,99	48	271,95	58	267,69	68		78	
9	274,10	19	259,66	29	173,11	39	221,47	49	226,43	59	239,26	69		79	
10	330,23	20	312,85	30	208,57	40	266,84	50	272,81	60	288,27	70		80	

Tabel 34. Data Lapangan Nilai Kuat Tarik Baja Proyek B

Diameter Tulangan	fy (MPa)
D16	490
	379
	376
	372
D13	543
	431
	428
	423
P12	608
	488
	484
	482
P10	689
	578
	575
	556
P8	718
	536
	528
	524

Lampiran 4 Data Lapangan Proyek C

Tabel 35. Data Lapangan Balok B1 Proyek C

B1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	40,2	39,6	39,7	39,6	39,8	40,1	40	39,9	40,1	39,8	39,8	39,9	40	38,9	39,5	39,4	39,6	39,8	39,7	39,8
	ht (cm)	70,4	69,9	71	69,7	69,6	70,1	69,9	69,7	70,1	69,8	69,8	69,9	70	70,2	69,6	69,7	69,8	69,9	70,1	70
	dp (mm)	22,1	21,8	21,5	21,9	22,2	21,7	21,9	22	22	21,8	21,8	21,9	22,1	22	22	21,7	21,8	21,6	21,9	21,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4
	S Lapangan (cm)	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8

Lanjutan Tabel 35. Data Lapangan Balok B1 Proyek C

B1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	39,6	39,7	39,3	39,7	39,7	39,6	39,9	40,1	40	39,9	40,9	39,8	39,9	40,1	39,6	39,6	39,4	39,8	39,9	39,8
	ht (cm)	70,4	69,9	71	69,7	69,6	70,1	69,9	69,7	70,1	69,8	69,8	69,9	70	70,2	69,6	69,7	69,8	69,9	70,1	70
	dp (mm)	21,7 4	21,6 8	22,5	22,54	22,2	21,7	21,9	22	22	21,8	21,8	21,9	22,1	22	22	21,7	21,8	21,6	21,9	21,9
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1
	S Lapangan (cm)	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4

Lanjutan Tabel 35. Data Lapangan Balok B1 Proyek C

B1	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	40,3	38,8	39,1	39,6	39,9	40,1	39,8	39,9	39,9	39,7	39,6	39,4	39,9	39,8	39,7	39,8	39,9	40,1	41	39,8
	ht (cm)	69,8	69,7	69,5	69,9	69,9	69,4	69,9	69,8	69,9	69,8	69,7	69,9	69,9	69,7	68,9	69,8	69,7	69,9	69,8	70,1
	dp (mm)	21,5	22	21	22,5	22	22	22	21	21,6	21	21,8	21,9	21,9	21,1	22	22	21,5	21,5	22	21,8
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9	9,9	9,4	9,8	10,1	9,6	9,9
	S Lapangan (cm)	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1	15,6	15,8	14,2	14,4	15,2	15,1

Tabel 36. Data Lapangan Balok B2 Proyek C

B2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	40,2	39,6	39,7	39,6	39,8	40,1	40	39,9	40,1	39,8	39,8	39,9	40	38,9	39,5	39,4	39,6	39,8	39,7	39,8
	ht (cm)	70,4	69,9	71	69,7	69,6	70,1	69,9	69,7	70,1	69,8	69,8	69,9	70	70,2	69,6	69,7	69,8	69,9	70,1	70
	dp (mm)	22,1	21,8	21,5	21,9	22,2	21,7	21,9	22	22	21,8	21,8	21,9	22,1	22	22	21,7	21,8	21,6	21,9	21,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7
	S Lapangan (cm)	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9

Lanjutan Tabel 36. Data Lapangan Balok B2 Proyek C

B2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	39,6	39,7	39,3	39,7	39,7	39,6	39,9	40,1	40	39,9	40,9	39,8	39,9	40,1	39,6	39,6	39,4	39,8	39,9	39,8
	ht (cm)	70,4	69,9	71	69,7	69,6	70,1	69,9	69,7	70,1	69,8	69,8	69,9	70	70,2	69,6	69,7	69,8	69,9	70,1	70
	dp (mm)	21,7 4	21,6 8	22,5	22,54	22,2	21,7	21,9	22	22	21,8	21,8	21,9	22,1	22	22	21,7	21,8	21,6	21,9	21,9
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5
	S Lapangan (cm)	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7

Lanjutan Tabel 36. Data Lapangan Balok B2 Proyek C

B2	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	40,3	38,8	39,1	39,6	39,9	40,1	39,8	39,9	39,9	39,7	39,6	39,4	39,9	39,8	39,7	39,8	39,9	40,1	41	39,8
	ht (cm)	69,8	69,7	69,5	69,9	69,9	69,4	69,9	69,8	69,9	69,8	69,7	69,9	69,9	69,7	68,9	69,8	69,7	69,9	69,8	70,1
	dp (mm)	21,5	22	21	22,5	22	22	22	21	21,6	21	21,8	21,9	21,9	21,1	22	22	21,5	21,5	22	21,8
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5	9,6	9,7	10,1	9,5	9,4	9,5
	S Lapangan (cm)	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,6	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2

Tabel 37. Data Lapangan Balok B3 Proyek C

B3	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	30,2	29,6	29,7	29,6	29,8	30,1	30	29,9	30,1	29,8	29,8	29,9	30	28,9	29,5	29,4	29,6	29,8	29,7	29,8
	ht (cm)	50,4	49,9	51	49,7	49,6	50,1	49,9	49,7	50,1	49,8	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50,1	50
	dp (mm)	19,1	18,8	18,5	18,9	19,2	18,7	18,9	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	18,8	18,6	18,9	18,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15

Lanjutan Tabel 37. Data Lapangan Balok B3 Proyek C

B3	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	29,6	29,7	29,3	29,7	29,7	29,6	29,9	30,1	30	29,9	30,9	29,8	29,9	30,1	29,6	29,6	29,4	29,8	29,9	29,8
	ht (cm)	50,4	49,9	51	49,7	49,6	50,1	49,9	49,7	50,1	49,8	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50,1	50
	dp (mm)	18,7 4	18,6 8	19,5	19,54	19,2	18,7	18,9	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	18,8	18,6	18,9	18,9
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5
	S Lapangan (cm)	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1

Lanjutan Tabel 37. Data Lapangan Balok B3 Proyek C

B3	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	29,7	28,8	29,1	29,6	29,9	30,1	29,8	29,9	29,9	29,7	29,6	29,4	29,9	29,8	29,7	29,8	29,9	30,1	31	29,8
	ht (cm)	49,8	49,7	49,5	49,9	49,7	49,4	49,9	49,8	49,9	49,8	49,7	49,9	49,9	49,7	48,9	49,8	49,7	49,9	49,8	50,1
	dp (mm)	18,5	19	18	19,5	19	19	19	18	18,6	18	18,8	18,9	18,9	18,1	19	19	18,5	18,5	19	18,8
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,1	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,2	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4	10	10,1	9,6	9,5	9,7	9,4
	S Lapangan (cm)	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15	14,9	15	14,6	15,1	14,3	15

Tabel 38. Data Lapangan Balok B4 Proyek C

B4	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	25,2	24,6	24,7	24,6	24,8	25,1	25	24,9	25,1	24,8	24,8	24,9	25	23,9	24,5	24,4	24,6	24,8	24,7	24,8
	ht (cm)	50,4	49,9	51	49,7	49,6	50,1	49,9	49,7	50,1	49,8	49,8	49,9	50	50,2	49,6	49,7	49,8	49,9	50,1	50
	dp (mm)	19,1	18,8	18,5	18,9	19,2	18,7	18,9	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	18,8	18,6	18,9	18,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5
	S Lapangan (cm)	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6

Lanjutan Tabel 38. Data Lapangan Balok B4 Proyek C

B4	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	24,6	24,7	24,3	24,7	24,7	24,6	24,9	25,1	25	24,9	25,9	24,8	24,9	25,1	24,6	24,6	24,4	24,8	24,9	24,8
	ht (cm)	49,4	49,9	49,8	49,9	49,8	49,8	49,7	49,5	49,9	49,9	49,7	49,9	49,9	49,7	48,9	49,8	49,7	49,9	49,8	50,1
	dp (mm)	18,7 4	18,6 8	19,5	19,54	19,2	18,7	18,9	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	18,8	18,6	18,9	18,9
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5
	S Lapangan (cm)	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5

Lanjutan Tabel 38. Data Lapangan Balok B4 Proyek C

B4	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	24,7	23,8	24,1	24,9	24,9	25,1	24,8	24,9	24,9	24,7	24,6	24,4	24,9	24,8	24,7	24,8	24,9	25,1	26	24,8
	ht (cm)	49,8	49,7	49,5	49,9	49,9	49,4	49,9	49,8	49,9	49,8	49,7	49,9	49,9	49,7	48,9	49,8	49,7	49,9	49,8	50,1
	dp (mm)	18,5	19	18	19,5	19	19	19	18	18,6	18	18,8	18,9	18,9	18,1	19	19	18,5	18,5	19	18,8
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8	9,9	9,5	10,1	9,5	9,7	9,8
	S Lapangan (cm)	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15	15,1	14,6	14,9	14,5	14,3	15

Tabel 39. Data Lapangan Balok B5 Proyek C

B5	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	30,2	30,6	29,7	30,6	29,8	30,1	30	30,9	30,1	30,8	30,8	30,9	30	30,9	30,5	30,4	30,6	30,8	30,7	30,8
	ht (cm)	55,4	54,9	56	54,7	54,6	54,1	54,9	54,7	55,1	54,8	54,8	54,9	55	54,2	54,6	54,7	54,8	54,9	55,1	55
	dp (mm)	18,5	19	18	19,5	19	19	19	18	18,6	18	18,8	18,9	18,9	18,1	19	19	18,5	18,5	19	18,8
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9
	S Lapangan (cm)	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9

Lanjutan Tabel 39. Data Lapangan Balok B5 Proyek C

B5	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	30,6	30,7	30,3	30,7	30,7	30,6	30,9	30,1	30	30,9	30,9	30,8	30,9	30,1	30,6	30,6	30,4	30,8	30,9	30,8
	ht (cm)	55,1	54,9	56	54,7	54,6	54,1	56	54,9	55,1	54,8	54,8	54,9	55	54,2	54,6	54,7	54,8	54,9	55,1	55
	dp (mm)	19,1	18,8	18,5	18,9	19,2	18,7	18,9	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	18,8	18,6	18,9	18,9
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3
	S Lapangan (cm)	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15

Lanjutan Tabel 39. Data Lapangan Balok B5 Proyek C

B5	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	30,7	30,8	30,1	30,6	29,5	30,1	30,8	30,9	30,9	30,7	30,6	30,4	30,9	30,8	30,7	30,8	30,9	30,1	31	30,8
	ht (cm)	54,8	54,7	54,5	55,9	54,9	55,4	55,9	54,8	54,9	54,8	56,7	54,9	55,9	54,7	54,9	54,8	54,7	54,9	54,8	55,1
	dp (mm)	18,7 4	18,6 8	19,5	19,54	19,2	18,7	18,9	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	18,8	18,6	18,9	18,9
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9	9,6	9,9	10,1	10,3	9,7	9,9
	S Lapangan (cm)	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7	14	14,9	14,5	15	14,8	14,7

Tabel 40. Data Lapangan Balok B6 Proyek C

B6	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	30,2	29,6	29,7	29,6	29,8	29,1	30	29,9	30,1	29,8	29,8	29,9	30	28,9	29,5	29,4	29,6	29,8	29,7	29,8
	ht (cm)	59,8	59,6	60,3	59,8	59,6	59,4	59,6	59,2	59,7	59,6	59,3	59,8	59,9	59,9	59,8	60,1	60	60	61	59,4
	dp (mm)	19	18	19	18	18	19	19	18	18	18	19	19	19	19	19	18,9	18	18,5	19	19
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6
	S Lapangan (cm)	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2

Lanjutan Tabel 40. Data Lapangan Balok B6 Proyek C

B6	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	29,6	29,7	29,7	29,7	29,7	29,6	29,9	30,1	30	29,9	30,9	29,8	29,5 3	30,1	29,4	28,5	29,4	29,8	29,9	29,8
	ht (cm)	59,8	59,7	59,5	59,9	59,9	59,4	59,9	59,8	59,9	59,8	59,7	59,9	59,9	59,7	68,9	59,8	59,7	59,9	59,8	60,1
	dp (mm)	19,2	19	18	19	19	18	19	19	18	19	19	19	18	19	19	19	18	18,5	18	19
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6
	S Lapangan (cm)	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7

Lanjutan Tabel 40. Data Lapangan Balok B6 Proyek C

B6	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	30,3	29,4	29,3	29,2	29,8	29,6	29,3	29,8	30,1	30,1	30	30	29,4	29,7	29,7	29,4	29,5	29,5	29,2	29,4
	ht (cm)	59,6	59,9	59,9	60,2	60,1	59,4	59,7	59,6	59,2	59,8	59,4	59,6	59,3	59,6	59,8	59,9	59,9	60	59,8	59,8
	dp (mm)	19	19	18	18	19	19	19	19	18,8	18,8	18,9	19,1	19	19	18,7	19	18	19	19	19
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9	9,5	8,6	10,1	9,6	9,8	9,9
	S Lapangan (cm)	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11	11	10,2	11,6	9,7	10,5	11

Tabel 41. Data Lapangan Balok B7 Proyek C

B7	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	24,8	24,9	25,1	24,9	24,8	24,8	24,8	24,6	24,5	25,3	24,7	24,1	25,1	24,8	24,9	24,8	24,6	24,5	24,8	24,9
	ht (cm)	39,6	38,9	39,5	39,8	39,8	39,9	39,1	40	40	40,1	39,8	39,9	39,7	39,9	39,9	39,6	39,8	39,7 8	39,6	39,9
	dp (mm)	15,6	16	15,5	15,4	15,5	15,3	16	16,1	15,8	15,7	15,9	15,6 8	16	16	16	15,53	15,5	15,8	16	16
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1
	S Lapangan (cm)	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1

Lanjutan Tabel 41. Data Lapangan Balok B7 Proyek C

B7	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	25,1	24,6	24,3	24,7	24,5	24,5	24,5	24,6	24,9	24,8	24,9	24,9	24,6	24,8	24,8	24,52	25,2	24,8	24,6	24,87
	ht (cm)	40,1	39,5	39,8	39,9	39,9	39,8	39,95	39,6	39,8	39,7	39,6	39,9	39,8	39,9	39,9	40,1	39,6	38,7	38,9	39,5
	dp (mm)	15,74	15,5	15,5	16	15,5	15,3	16	16,1	15,8	15,7	15,9	15,68	16	16	16	15,53	16,54	15,8	16	16
	ds (mm)	10,79	10,77	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8
	S Lapangan (cm)	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7

Lanjutan Tabel 41. Data Lapangan Balok B7 Proyek C

B7	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	24,7	24,7	24,6	24,8	24,8	24,9	24,8	24,5	24,5	24,6	24,4	24,8	24,3	25,3	25,1	25	25	24,9	24,8	24,9
	ht (cm)	39,3	39,6	39,7	39	39,5	39,5	39,6	39,8	40,3	39,9	39,8	39,7	39,6	40,1	40	39,6	39,5	40,1	39,8	39,9
	dp (mm)	16	15,5	16	15,8	15,9	15,5	16,5	16	15,7	15,4	15,5	15,3	15,6	15,9	16	16	15,5	15,8	16	15,5
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7	9,8	10,1	9,6	9,8	10,3	9,7
	S Lapangan (cm)	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5	14,6	15,1	15	14,7	14,6	14,5

Tabel 42. Data Lapangan Kolom K1 Proyek C

K1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	59,8	59,9	60,1	60	59,6	59,4	59,8	59,9	59,7	59,6	60	59,8	58,6	59,9	59,9	59,8	60,2	59,8	59,9	59,9
	ht (cm)	60,1	59,9	59,8	60	59,9	59,8	58,7	59,9	59,8	59,9	59,6	59,4	59,7	59,8	59,8	59,8	59,9	59,6	59,7	59,3
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15,2	14,8	14,6	14,5	14,7	15,1	15	14,8	14,6	14,5	14,4	15	15,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,7	14,8

Lanjutan Tabel 42. Data Lapangan Kolom K1 Proyek C

K1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	59,8	59,9	60,1	60	59,6	59,4	59,8	59,9	59,7	59,6	60	59,8	58,6	59,9	59,9	59,8	60,2	59,8	59,9	59,9
	ht (cm)	60,1	59,9	59,8	60	59,9	59,8	58,7	59,9	59,8	59,9	59,6	59,4	59,7	59,8	59,8	59,8	59,9	59,6	59,7	59,3
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15,2	14,8	14,6	14,5	14,7	15,1	15	14,8	14,6	14,5	14,4	15	15,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,7	14,8

Tabel 43. Data Lapangan Kolom K2 Proyek C

K2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	29,8	29,9	30,1	30	29,6	29,4	29,8	29,9	29,7	29,6	30	29,8	28,6	29,9	29,9	29,8	30,2	29,8	29,9	29,9
	ht (cm)	60,1	59,9	59,8	60	59,9	59,8	58,7	59,9	59,8	59,9	59,6	59,4	59,7	59,8	59,8	59,8	59,9	59,6	59,7	59,3
	dp (mm)	19,1	18,5	18,6	18,9	18,7	19	18,5	18,4	19	18,8	19	18,6	19,1	18,8	18,5	18,6	19	18,9	19	18,8
	ds (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15,2	14,8	14,6	14,5	14,7	15,1	15	14,8	14,6	14,5	14,4	15	15,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,7	14,8

Lanjutan Tabel 43. Data Lapangan Kolom K2 Proyek C

K2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	29,8	29,9	30,1	30	29,6	29,4	29,8	29,9	29,7	29,6	30	29,8	28,6	29,9	29,9	29,8	30,2	29,8	29,9	29,9
	ht (cm)	60,1	59,9	59,8	60	59,9	59,8	58,7	59,9	59,8	59,9	59,6	59,4	59,7	59,8	59,8	59,8	59,9	59,6	59,7	59,3
	dp (mm)	19,1	18,5	18,6	18,9	18,7	19	18,5	18,4	19	18,8	19	18,6	19,1	18,8	18,5	18,6	19	18,9	19	18,8
	ds (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4	4	3,9	3,9	4	4
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15,2	14,8	14,6	14,5	14,7	15,1	15	14,8	14,6	14,5	14,4	15	15,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,7	14,8

Tabel 44. Data Lapangan Pelat A1 Proyek C

A1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,2	12	12,2	12,1	11,8	11,8	12,2	12	12,2	12,1	11,8	11,8	12,1	12,1	12,3	12	11,6	11,8	11,9	12
	dp (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	14,9 5	14,9	15,0 5	14,95	15,5 5	13,7 5	13,9	15,0 5	14,9 5	14,45	14,9 5	14,9	15,1	14,9 5	14,9	14,95	15,0 5	15,6 5	14,7 5	14,8
	S Arah Y (cm)	17,4 5	17,4	17,5 5	17,45	18,0 5	16,2 5	16,4	17,5 5	17,4 5	16,95	17,4 5	17,4	17,6	17,4 5	17,4	17,45	17,5 5	18,1 5	17,2 5	17,3

Lanjutan Tabel 44. Data Lapangan Pelat A1 Proyek C

A1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,1	11,8	11,9	12	11,7	11,9	11,8	12,2	12,1	12	12,1	11,8	11,8	11,8	12,2	12,1	12,3	12	11,6	11,5
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	14,9 5	14,8 5	14,7 5	14,7	14,8	14,9	14,6 5	14,3	15,0 5	15,05	15,1	14,9	14,9 5	14,9	14,8 5	15,05	15,2	14,7 5	14,8	14,9
	S Arah Y (cm)	17,4 5	17,3 5	17,2 5	17,2	17,3	17,4	17,1 5	16,8	17,5 5	17,55	17,6	17,4	17,4 5	17,4	17,3 5	17,55	17,7	17,2 5	17,3	17,4

Tabel 45. Data Lapangan Pelat A2 Proyek C

A2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	13,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	13,2	14	13,2	13,1	12,8	12,8	13,1	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,9	12
	dp (mm)	9,5	9,2	9	10	9,8	11	9	9,7	10	9,9	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,9	10	9,8
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	14,9 5	14,9	15,0 5	14,95	15,5 5	13,7 5	13,9	15,0 5	14,9 5	14,45	14,9 5	14,9	15,1	14,9 5	14,9	14,95	15,0 5	15,6 5	14,7 5	14,8
	S Arah Y (cm)	17,4 5	17,4	17,5 5	17,45	18,0 5	16,2 5	16,4	17,5 5	17,4 5	16,95	17,4 5	17,4	17,6	17,4 5	17,4	17,45	17,5 5	18,1 5	17,2 5	17,3

Lanjutan Tabel 45. Data Lapangan Pelat A2 Proyek C

A2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	13,2	12,8	12,9	13,1	12,7	12,9	12,8	13,1	14	13,2	13,1	12,8	12,8	12,6	13,1	14	13,2	13,1	12,8	12,8
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	14,9 5	14,8 5	14,7 5	14,7	14,8	14,9	14,6 5	14,3	15,0 5	15,05	15,1	14,9	14,9 5	14,9	14,8 5	15,05	15,2	14,7 5	14,8	14,9
	S Arah Y (cm)	17,4 5	17,3 5	17,2 5	17,2	17,3	17,4	17,1 5	16,8	17,5 5	17,55	17,6	17,4	17,4 5	17,4	17,3 5	17,55	17,7	17,2 5	17,3	17,4

Tabel 46. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Balok Proyek C

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	346,19	11	273,56	21		31		41		51		61		71	
2	326,66	12		22		32		42		52		62		72	
3	396,34	13		23		33		43		53		63		73	
4	266,34	14		24		34		44		54		64		74	
5	253,96	15		25		35		45		55		65		75	
6	346,19	16		26		36		46		56		66		76	
7	256,31	17		27		37		47		57		67		77	
8	281,17	18		28		38		48		58		68		78	
9	207,41	19		29		39		49		59		69		79	
10	235,39	20		30		40		50		60		70		80	

Tabel 47. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Kolom Proyek C

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	346,19	11	273,56	21		31		41		51		61		71	
2	326,66	12		22		32		42		52		62		72	
3	396,34	13		23		33		43		53		63		73	
4	266,34	14		24		34		44		54		64		74	
5	253,96	15		25		35		45		55		65		75	
6	346,19	16		26		36		46		56		66		76	
7	256,31	17		27		37		47		57		67		77	
8	281,17	18		28		38		48		58		68		78	
9	207,41	19		29		39		49		59		69		79	
10	235,39	20		30		40		50		60		70		80	

Tabel 48. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Pelat Proyek C

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	346,19	11	273,56	21		31		41		51		61		71	
2	326,66	12		22		32		42		52		62		72	
3	396,34	13		23		33		43		53		63		73	
4	266,34	14		24		34		44		54		64		74	
5	253,96	15		25		35		45		55		65		75	
6	346,19	16		26		36		46		56		66		76	
7	256,31	17		27		37		47		57		67		77	
8	281,17	18		28		38		48		58		68		78	
9	207,41	19		29		39		49		59		69		79	
10	235,39	20		30		40		50		60		70		80	

Tabel 49. Data Lapangan Nilai Kuat Tarik Baja Proyek C

Diameter Tulangan	fy (MPa)
D22	410,487
	418,317
	409,837
D19	408,487
	408,317
	399,837
D16	412,547
	415,418
	411,837
D10	380,68
	363,24
	372,9

Lampiran 5 Data Lapangan Proyek D

Tabel 50. Data Lapangan Balok B6 Proyek D

B6	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	24,5	25,1	24,8	24,3	24,6	24,8	24,8	24,5 2	25,2	25	24,9	24,6	24,8	24,9	24,9	24,9	24,6	25,3	24,8	24,6
	ht (cm)	39,8	40	39,6	39,8	40,1	39,8	39,9	39,7	38	39,3	39,8	39,4	39,8	39,9	39,6	39,8	39,4	39,5	39,5	39,9
	dp (mm)	15,7 4	15,5	15,5	16	15,5	15,3	16	16,1	15,8	15,7	15,9	16,1	15,5	15,6	16	15,53	16,5 4	15,8	16	16
	ds (mm)	9,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1
	S Lapangan (cm)	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6

Lanjutan Tabel 50. Data Lapangan Balok B6 Proyek D

B6	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	24,8	24,5 2	25,2	24,8	24,6	24,3	24,6	24,8	24,7	24,3	25	24,8	24,8	24,9	24,7	24,9	24,8	24,6	24,8	24,9
	ht (cm)	40	39,8	39,8	39,3	39,9	39,8	39,5	39,3	39,5	39	39,4	38,9	39,6	39,9	39,7	40,1	40,5	39,8	39,8	39,5
	dp (mm)	16	15,5	16	15,8	15,9	15,5	16,5	16	15,7	15,4	15,5	15,3	15,6	15,9	16	16	15,5	15,8	16	15,5
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8
	S Lapangan (cm)	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20

Lanjutan Tabel 50. Data Lapangan Balok B6 Proyek D

B6	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	23,8	24,1	24,9	25	25,1	24,8	24,8	24,6	24,8	24,8	24,9	24,8	24,5	24,5	24,5	25	24,8	24	24,8	24,7
	ht (cm)	39,6	39,4	39,5	39,8	39,9	40,3	39,8	39,8	39,9	39,9	39,6	39,4	39,5	39,3	39,2	39	38,9	39,4	39,5	39,8
	dp (mm)	16,1	15,6	15,5	15,8	15,8	15,9	15,6	15,9	16	15,9	15,8	15,7	15,8	15,9	16	15,5	16	16,1	15,8	15,6
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7	14,8	15,1	14,6	14,8	15,3	14,7
	S Lapangan (cm)	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2	18,1	20,6	20,3	20	19,9	20,2

Tabel 51. Data Lapangan Balok B7 Proyek D

B7	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	30,2	29	29,6	29,5	29,8	30,1	29,6	28,9	29,9	29,9	30	30	29,9	29,8	30	30,1	29,9	28,9	29,7	29,7
	ht (cm)	60,4	59,9	61	59,7	59,6	60,1	59,9	59,7	60,1	59,8	59,8	59,9	60	60,2	59,6	59,7	59,8	59,9	60,1	59,6
	dp (mm)	16,1	15,8	15,5	15,9	16,2	15,7	15,9	16	16	15,8	15,8	15,9	16,1	16	16	15,6	15,8	15,9	15,9	15,6
	ds (mm)	9,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6
	S Lapangan (cm)	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1

Lanjutan Tabel 51. Data Lapangan Balok B7 Proyek D

B7	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	b (cm)	29,8	29,9	29,9	30,2	30	29,6	29,8	29,7	29,9	29,9	30,1	30	29,9	29,8	30,1	29,6	29,5	29,9	29,9	29,8
	ht (cm)	59,8	59,9	61	59,7	59,6	60,1	59,9	59,8	59,9	60	60	60,1	60	59,7	59,6	59,7	59,8	59,9	60,1	59,6
	dp (mm)	15,7 4	15,6 8	16,5	16,54	16,2	15,7	15,9	16	16	15,8	15,8	15,9	16,1	16	16	15,6	15,8	15,9	15,9	15,6
	ds (mm)	10,7 9	10,7 7	9,62	11,18	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	9,8	10	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3
	S Lapangan (cm)	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6

Lanjutan Tabel 51. Data Lapangan Balok B7 Proyek D

B7	No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	b (cm)	28,9	30,1	29,9	29,8	29,9	30,1	30,2	30	29,8	29,8	29,6	30,3	29,9	29,8	29,7	29,8	29,9	29,6	29,9	29,8
	ht (cm)	59,8	59,9	60	60	60,1	60	59,7	60,1	59,6	59,8	59,8	59,9	59,9	59,7	59,9	59,6	59,8	59,9	59,8	59,7
	dp (mm)	15,8	15,7	15,9	15,9	15,6	15,8	16	15,8	16	15	15,6	15,5	15,8	15,9	15,8	15,9	15,9	15,6	15,7	15,9
	ds (mm)	10,5	11,3	10,3	11,2	10,7	9,8	9,9	10,1	9	10	11	10	9	9	11	10	10	10	9	9
	sb (cm)	3,6	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,1	2,9	3,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3	3,1	3,3	3,4	3,3
	S Tumpuan (cm)	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8	14,8	14,6	14,5	14,3	15,1	14,8
	S Lapangan (cm)	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3	19,9	20,1	19,8	19,6	19,4	20,3

Tabel 52. Data Lapangan Balok G12 Proyek D

G12	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	39,9	39,8	40,1	40	40,1	39,8	39,9	40,2	39,9	39,8	39,7	40	38,9	39,6	39,9	39,7	39,4	39,9	40,1	39,8
	ht (cm)	60,3	60,1	59,8	59,9	59,7	60,1	60,3	58,9	59,6	59,9	59,8	59,8	59,7	59,9	59,4	59,8	59,6	59,9	60	59,8
	dp (mm)	22,5	21,9	22,5	21,8	22,6	23	21,8	21,9	22,1	21,9	21,8	21,7	21,9	22	21,9	21,7	21,9	21,8	21,8	21,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	10,7 7	9,62	11,1 8	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,6	10,1	9,8	9,8	9,9	9,4	9,6	10,1	9,8	9,8	9,9	9,4	9,6	10,1	9,8	9,8	9,9	9,4	9,6	10,1
	S Lapangan (cm)	15,1	14,4	15	14,8	14,6	14,9	15,1	14,4	15	14,8	14,6	14,9	15,1	14,4	15	14,8	14,6	14,9	15,1	14,4

Tabel 53. Data Lapangan Balok G13 Proyek D

G13	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	39,9	39,8	40,1	40	40,1	39,8	39,9	40,2	39,9	39,8	39,7	40	38,9	39,6	39,9	39,7	39,4	39,9	40,1	39,8
	ht (cm)	60,3	60,1	59,8	59,9	59,7	60,1	60,3	58,9	59,6	59,9	59,8	59,8	59,7	59,9	59,4	59,8	59,6	59,9	60	59,8
	dp (mm)	22,5	21,9	22,5	21,8	22,6	23	21,8	21,9	22,1	21,9	21,8	21,7	21,9	22	21,9	21,7	21,9	21,8	21,8	21,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	10,7 7	9,62	11,1 8	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,8	10,1	9,7	9,4	9,8	9,9	9,8	10,1	9,7	9,4	9,8	9,9	9,8	10,1	9,7	9,4	9,8	9,9	9,8	10,1
	S Lapangan (cm)	14,8	14,7	14,5	14,6	14,9	14,4	14,8	14,7	14,5	14,6	14,9	14,4	14,8	14,7	14,5	14,6	14,9	14,4	14,8	14,7

Tabel 54. Data Lapangan Balok G20 Proyek D

G20	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	39,9	39,8	40,1	40	40,1	39,8	39,9	40,2	39,9	39,8	39,7	40	38,9	39,6	39,9	39,7	39,4	39,9	40,1	39,8
	ht (cm)	60,1	60,1	59,8	59,9	59,7	60,1	60,3	58,9	59,6	59,9	59,8	59,8	59,7	59,9	59,4	59,8	59,6	59,9	60	59,8
	dp (mm)	22	21,9	21,9	21,8	22,6	23	21,8	21,9	22,1	21,9	21,8	21,7	21,9	22	21,9	21,7	21,9	21,8	21,8	21,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	10,7 7	9,62	11,1 8	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,45	9,6	9,5	9,7	9,3	9,6	9,45	9,6	9,5	9,7	9,3	9,6	9,45	9,6	9,5	9,7	9,3	9,6	9,45	9,6
	S Lapangan (cm)	10,1	10,2	13	10,4	9,4	10,6	10,1	10,2	13	10,4	9,4	10,6	10,1	10,2	13	10,4	9,4	10,6	10,1	10,2

Tabel 55. Data Lapangan Balok G3 Proyek D

G3	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	39,9	39,8	39,9	40	40,1	39,8	39,9	40,2	39,9	39,8	39,7	40	38,9	39,6	39,9	39,7	39,4	39,9	40,1	39,8
	ht (cm)	69,1	70,2	69,5	69,9	69,7	70,1	70,3	68,9	69,6	69,9	69,8	69,8	69,7	69,9	69,4	69,8	69,6	69,9	70	69,8
	dp (mm)	22	21,9	21,9	21,8	22,6	23	21,8	21,9	22,1	21,9	21,8	21,7	21,9	22	21,9	21,7	21,9	21,8	21,8	21,9
	ds (mm)	8,5	9	9,5	10	9,9	8,9	9,1	8,9	9,5	9,6	9,7	9,9	10,7 7	9,62	11,1 8	10,1	9,8	9,8	9,9	10
	sb (cm)	2,9	3	2,9	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	2,9	3	3	2,9	2,8	3,1	3	3	3,1	2,9
	S Tumpuan (cm)	9,9	10,1	9,7	9,8	9,9	9,9	9,9	10,1	9,7	9,8	9,9	9,9	9,9	10,1	9,7	9,8	9,9	9,9	9,9	10,1
	S Lapangan (cm)	14,9	15,1	15,3	14,4	15	14,8	14,9	15,1	15,3	14,4	15	14,8	14,9	15,1	15,3	14,4	15	14,8	14,9	15,1

Tabel 56. Data Lapangan Kolom K7 Proyek D

K7	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	49,8	49,7	49,8	49,9	49,8	49,8	49,7	49,8	49,9	49,8	49,7	49,8	49,9	49,6	49,4	49,8	49,9	49,7	49,8	49,8
	ht (cm)	99,4	99,5	99,8	90,8	91,1	99,8	99,9	99,4	99,6	99,8	99,4	99,8	99,5	99,6	99,8	99,9	100, 1	99,8	99,9	99,8
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	13	12,5	13,1	12,9	12,8	12,4	12,6	12,7	12,8	13,1	13	12,8	12,6	12,8	12,9	12,5	12,7	12,8	12,9	12,8
	sb (cm)	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,8	14,6	15,1	14,9	14,8	14,9	14,5	15,3	14,5	15,1	14,6	14,8	14,9	14,7	14,8	14,9	15,1	15

Tabel 57. Data Lapangan Kolom K2 Proyek D

K2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	39,9	40,1	39,8	39,8	39,9	40,1	39,9	39,8	39,9	40,1	39,8	39,8	39,9	40,1	39,8	39,8	39,9	40,1	39,8	39,8
	ht (cm)	139,8	139,7	139,9	139,9	140,1	139,8	139,7	139,9	139,9	140,1	139,8	139,7	139,9	139,9	140,1	139,8	139,7	139,9	139,9	140,1
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	13	12,5	13,1	12,9	12,8	12,4	12,6	12,7	12,8	13,1	13	12,8	12,6	12,8	12,9	12,5	12,7	12,8	12,9	12,8
	sb (cm)	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,8	14,6	15,1	14,9	14,8	14,9	14,5	15,3	14,5	15,1	14,6	14,8	14,9	14,7	14,8	14,9	15,1	15

Tabel 58. Data Lapangan Kolom K1A Proyek D

K1A	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	49,9	50,1	49,8	49,8	49,9	50,1	49,9	49,8	49,8	49,8	50	49,9	49,9	50	49,8	49,8	49,9	50	49,8	49,8
	ht (cm)	99,8	99,7	99,9	99,9	100, 1	99,8	99,7	99,9	99,9	100,1	100	99,7	99,9	99,8	99,9	99,7	99,7	99,9	99,9	100, 1
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	13	12,5	13,1	12,9	12,8	12,4	12,6	12,7	12,8	13,1	13	12,8	12,6	12,8	12,9	12,5	12,7	12,8	12,9	12,8
	sb (cm)	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,8	14,6	15,1	14,9	14,8	14,9	14,5	15,3	14,5	15,1	14,6	14,8	14,9	14,7	14,8	14,9	15,1	15

Tabel 59. Data Lapangan Kolom K1B Proyek D

K1B	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	49,9	50,1	49,8	49,5	49,9	50,1	50	49,8	49,8	50,3	50	49,9	49,9	50	49,6	50	49,9	50	49,8	49,8
	ht (cm)	99,5	99,7	99,4	99,9	100, 1	99,6	99,7	99,9	99,5	100,1	100	99,7	99,9	100, 3	99,4	99,7	99,5	99,9	99,9	100, 1
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	13	12,5	13,1	12,9	12,8	12,4	12,6	12,7	12,8	13,1	13	12,8	12,6	12,8	12,9	12,5	12,7	12,8	12,9	12,8
	sb (cm)	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,8	14,6	15,1	14,9	14,8	14,9	14,5	15,3	14,5	15,1	14,6	14,8	14,9	14,7	14,8	14,9	15,1	15

Tabel 60. Data Lapangan Kolom K4 Proyek D

K4	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	49,9	50,1	49,8	49,5	49,9	50,1	50	49,8	49,8	50,3	50	49,9	49,9	50	49,6	50	49,9	50	49,8	49,8
	ht (cm)	99,5	99,7	99,4	99,9	100, 1	99,6	99,7	99,9	99,5	100,1	100	99,7	99,9	100, 3	99,4	99,7	99,5	99,9	99,9	100, 1
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	13	12,5	13,1	12,9	12,8	12,4	12,6	12,7	12,8	13,1	13	12,8	12,6	12,8	12,9	12,5	12,7	12,8	12,9	12,8
	sb (cm)	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,8	14,6	15,1	14,9	14,8	14,9	14,5	15,3	14,5	15,1	14,6	14,8	14,9	14,7	14,8	14,9	15,1	15

Tabel 61. Data Lapangan Kolom K9 Proyek D

K9	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	b (cm)	49,9	50,1	49,8	49,5	49,9	50,1	50	49,8	49,8	50,3	50	49,9	49,9	50	49,6	50	49,9	50	49,8	49,8
	ht (cm)	89,5	89,7	89,4	89,9	90,1	89,6	89,7	89,9	89,5	90,1	90	89,7	89,9	90,3	89,4	89,7	89,5	89,9	89,9	90,1
	dp (mm)	22,1	21,5	21,6	21,9	21,7	22	21,5	21,4	22	21,8	22	21,6	22,1	21,8	21,5	21,6	22	21,9	22	21,8
	ds (mm)	13	12,5	13,1	12,9	12,8	12,4	12,6	12,7	12,8	13,1	13	12,8	12,6	12,8	12,9	12,5	12,7	12,8	12,9	12,8
	sb (cm)	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9	4	3,9	4	4	3,9
	S Tumpuan (cm)	10,1	9,9	9,6	9,5	9,8	9,7	10	9,8	9,6	9,8	10,1	9,9	9,6	9,8	9,5	10,2	9,9	9,8	9,9	9,7
	S Lapangan (cm)	14,9	15	14,8	14,6	15,1	14,9	14,8	14,9	14,5	15,3	14,5	15,1	14,6	14,8	14,9	14,7	14,8	14,9	15,1	15

Tabel 62. Data Lapangan Pelat S1 Proyek D

S1	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,2	12	12,2	12,1	11,8	11,8	12,2	12	12,2	12,1	11,8	11,8	12,2	12,1	12,3	12	11,6	11,8	11,9	12
	dp (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Tumpuan Atas (cm)	9,9	9,8	10,1	9,9	11,1	7,5	7,8	10,1	9,9	8,9	9,9	9,8	10,2	9,9	9,8	9,9	10,1	11,3	9,5	9,6
	S Tumpuan Bawah (cm)	19,9	19,8	20,1	19,9	21,1	17,5	17,8	20,1	19,9	18,9	19,9	19,8	20,2	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6
	S Lapangan Atas (cm)	39,9	39,8	40,1	39,9	41,1	37,5	37,8	40,1	39,9	38,9	39,9	39,8	40,2	39,9	39,8	39,9	40,1	41,3	39,5	39,6
	S Lapangan Bawah (cm)	19,9	19,8	20,1	19,9	21,1	17,5	17,8	20,1	19,9	18,9	19,9	19,8	20,2	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6

Lanjutan Tabel 62. Data Lapangan Pelat S1 Proyek D

S1	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,1	11,8	11,9	12	11,7	11,9	11,8	12,2	12,1	12	12,1	11,8	11,8	11,8	12,2	12,1	12,3	12	11,6	11,5
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Tumpuan Atas (cm)	9,9	9,7	9,5	9,4	9,6	9,8	9,3	8,6	10,1	10,1	10,2	9,8	9,9	9,8	9,7	10,1	10,4	9,5	9,6	9,8
	S Tumpuan Bawah (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	18,6	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	19,7	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8
	S Lapangan Atas (cm)	39,9	39,7	39,5	39,4	39,6	39,8	39,3	38,6	40,1	40,1	40,2	39,8	39,9	39,8	39,7	40,1	40,4	39,5	39,6	39,8
	S Lapangan Bawah (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	18,6	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	19,7	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8

Tabel 63. Data Lapangan Pelat S2 Proyek D

S2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	12,2	12	12,2	12,1	11,8	11,8	12,2	12	12,2	12,1	11,8	11,8	12,2	12,1	12,3	12	11,6	11,8	11,9	12
	dp (mm)	9	11	10	10	9,8	9,5	10	9,8	11	9,9	11,1	10	9	10	8,5	11	9,9	9,8	11	10
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	19,9	19,8	20,1	19,9	21,1	17,5	17,8	20,1	19,9	18,9	19,9	19,8	20,2	19,9	19,8	19,9	20,1	21,3	19,5	19,6
	S Arah Y (cm)	9,9	9,8	10,1	9,9	11,1	7,5	7,8	10,1	9,9	8,9	9,9	9,8	10,2	9,9	9,8	9,9	10,1	11,3	9,5	9,6

Lanjutan Tabel 63. Data Lapangan Pelat S2 Proyek D

S2	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	12,1	11,8	11,9	12	11,7	11,9	11,8	12,2	12,1	12	12,1	11,8	11,8	11,8	12,2	12,1	12,3	12	11,6	11,5
	dp (mm)	11	9,9	9,7	9,8	11	11	10	10	9,9	10	9,7	9,8	9	9,8	10	9	9,5	11	9	9,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	19,9	19,7	19,5	19,4	19,6	19,8	19,3	18,6	20,1	20,1	20,2	19,8	19,9	19,8	19,7	20,1	20,4	19,5	19,6	19,8
	S Arah Y (cm)	9,9	9,7	9,5	9,4	9,6	9,8	9,3	8,6	10,1	10,1	10,2	9,8	9,9	9,8	9,7	10,1	10,4	9,5	9,6	9,8

Tabel 64. Data Lapangan Pelat S3 Proyek D

S3	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	ht (cm)	20,2	20	12,2	20,1	19,8	19,8	20,2	20	20,2	20,1	19,8	19,8	20,2	20,1	20,3	20	19,6	19,8	19,9	20
	dp (mm)	12	14	13	13	12,8	12,5	13	12,8	14	12,9	14,1	13	12	13	11,5	14	12,9	12,8	14	13
	sb (cm)	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	3	2,5	2,5	2,6
	S Arah X (cm)	9,9	9,8	10,1	9,9	11,1	7,5	7,8	10,1	9,9	8,9	9,9	9,8	10,2	9,9	9,8	9,9	10,1	11,3	9,5	9,6
	S Arah Y (cm)	9,6	9,9	9,9	9,9	11,1	7,5	7,8	10,1	9,9	8,9	9,9	9,8	10,2	9,9	9,8	9,9	10,1	11,3	9,5	9,6

Lanjutan Tabel 64. Data Lapangan Pelat S3 Proyek D

S3	No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	ht (cm)	20,1	19,8	19,9	20	19,7	19,9	19,8	20,2	20,1	20	20,1	19,8	19,8	19,8	20,2	20,1	20,3	20	19,6	19,5
	dp (mm)	14	12,9	12,7	12,8	14	14	13	13	12,9	13	12,7	12,8	12	12,8	13	12	12,5	14	12	12,7
	sb (cm)	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,5
	S Arah X (cm)	9,9	9,7	9,5	9,4	9,6	9,8	9,3	8,6	10,1	10,1	10,2	9,8	9,9	9,8	9,7	10,1	10,4	9,5	9,6	9,8
	S Arah Y (cm)	9,7	9,7	9,5	9,4	9,6	9,8	9,3	8,6	10,1	10,1	10,2	9,8	9,9	9,8	9,7	10,1	10,4	9,5	9,6	9,8

Tabel 65. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Balok Proyek D

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	346,91	11	371,73	21		31		41		51		61		71	
2	341,13	12	363,43	22		32		42		52		62		72	
3	349,75	13		23		33		43		53		63		73	
4	344,07	14		24		34		44		54		64		74	
5	360,57	15		25		35		45		55		65		75	
6	346,54	16		26		36		46		56		66		76	
7	352,17	17		27		37		47		57		67		77	
8	363,43	18		28		38		48		58		68		78	
9	349,40	19		29		39		49		59		69		79	
10	357,80	20		30		40		50		60		70		80	

Tabel 66. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Kolom Proyek D

No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)	No.	f_c umur 28 hari (kg/cm ²)
1	360,67	11	334,51	21	435,62	31	360,67	41	685,19	51	435,38	61	400,88	71	
2	366,29	12	344,25	22	447,20	32	352,14	42	699,72	52	423,27	62	412,46	72	
3	353,26	13	340,48	23	463,60	33	338,03	43	364,06	53	359,51	63	351,85	73	
4	356,08	14	346,29	24	447,50	34	346,54	44	355,12	54	350,72	64	362,73	74	
5	359,51	15	316,12	25	580,24	35	337,38	45	354,96	55	355,50	65	374,26	75	
6	355,12	16	323,75	26	561,50	36	355,12	46	346,29	56	349,91	66	380,65	76	
7	591,60	17	337,38	27	411,06	37	348,02	47	757,35	57	349,33	67	346,29	77	
8	627,56	18	346,33	28	375,11	38	342,23	48	663,77	58	352,14	68	360,67	78	
9	569,93	19	353,43	29	351,85	39	483,95	49	379,25	59	365,80	69	620,42	79	
10	605,88	20	360,57	30	346,22	40	470,61	50	390,32	60	368,63	70	642,09	80	

Tabel 67. Data Lapangan Nilai Kuat Tekan Beton Pelat Proyek D

No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)	No.	f_c umur 28 hari (MPa)
1	34,01	11	41,84	21	44,40	31	33,95	41	47,45	51	34,23	61		71	
2	33,44	12	42,26	22	45,69	32	33,51	42	47,45	52	33,38	62		72	
3	34,29	13	35,25	23	44,83	33	33,10	43	45,26	53	34,82	63		73	
4	33,73	14	33,51	24	45,26	34	33,66	44	46,14	54	33,51	64		74	
5	35,25	15	34,38	25	46,57	35	33,95	45	34,12	55	33,95	65		75	
6	34,82	16	33,08	26	33,97	36	32,82	46	34,40	56	34,82	66		76	
7	40,59	17	35,69	27	35,25	37	33,66	47	33,27	57		67		77	
8	41,43	18	35,25	28	34,82	38	34,23	48	32,99	58		68		78	
9	43,08	19	35,35	29	34,38	39	47,00	49	34,69	59		69		79	
10	40,18	20	46,14	30	35,25	40	45,69	50	33,84	60		70		80	

Tabel 68. Data Lapangan Nilai Kuat Tarik Baja Proyek D

Diameter Tulangan	fy (MPa)
D22	435,2
	490,08
	435
	490
D16	495,54
	500,64
	490,33
	480,23
	435,2
	490,08
D13	490,33
	480,23
	380
	490
D10	495,54
	500,64
	495
	500