TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN PASIR PANTAI NIAS TERHADAP KEKUATAN BETON
(*THE EFEFCT OF PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE WITH NIAS BEACH SAND ON CONCRETE STRENGTH*)

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

Michael Ibe Niatda Dakhi
20 511 305

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN PASIR PANTAI NIAS TERHADAP KEKUATAN BETON

(*THE EFEFCT OF PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE WITH NIAS BEACH SAND ON CONCRETE STRENGTH*)

Disusun oleh

Michael Ibe Niatda Dakhi
20 511 305

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

Diuji pada tanggal 12 Juni 2025
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
20/06/2025	23/06 2025	23/06/2025
Jafar, S.T., MURP., M.T.	Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.	Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 185111305	NIK: 855110201	NIK: 205111302

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

24/06 2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya mneyatakan dengan sadar bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya sendiri. Adapun bagian tertentu dalam laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan dengan sumber referensi yang jelas sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan Sebagian atau keseluruhan laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri, atau terdapatnya plagiasi pada bagian – bagian tertentu, maka saya bersedia untuk mendapatkan sanksi, termasuk pencopotan gelar akademik sarjana yang saya dapatkan sesuai dengan perundang – undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 12 Juni 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Michael Ibe Niatda Dakhi

(20511305)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puja dan puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, Tuhan yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad *Shalallaahu 'Alayhi Wasallam*, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga di akhir zaman, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan berjudul "PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN PASIR PANTAI NIAS TERHADAP KEKUATAN BETON" dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak,alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, saran serta ilmu yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Religus Dakhi dan Ibu Titik Setyowati, S.Pd., selaku kedua orangtua penulis yang sangat dicintai dan selalu memberikan dukungan material, moral, semangat, serta doa sehingga menjadi motivasi bagi penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II.
4. Mifta Utami, orang yang selalu menjadi penyemangat sekaligus *support system* disetiap pengerjaan Tugas Akhir ini, orang yang selalu menanyakan progres laporan setiap saat hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

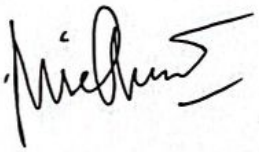
5. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng., selaku dosen yang memberikan ilmu, motivasi serta semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Mas Adi Sulistio, S.T., M.T., orang yang menyemangati penulis dan pemberi masukan hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Kepada Muhammad Nabil Atthaullah, Devi Ekawati, Ahmad Fahmi Aziz, Muhamad Algifari, Clarisa Ayu Maharani, dan Rifat Hidayat yang sudah banyak membantu selama proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 12 Juni 2025

Penulis,



Michael Ibe Niatda Dakhi

20511305

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI xiv
ABSTRAK xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjaun Umum 6
2.2 Penggunaan Agregat Pasir Pantai Sebagai Bahan Penggantian Sebagian Terhadap Kekuatan Beton 6
2.3 Perbandingan dan Keaslian Penelitian 7
BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Beton 16
3.2 Bahan Penyusun Beton 17
3.2.1 Agregat 17
3.2.2 Gradasi Agregat 25
3.2.3 Semen *Portland* (PC) 26
3.2.4 Air 27

3.3 Bahan Penggantian Sebagian Agregat Halus 28
3.4 Perencanaan Campuran Beton 30
3.5 *Slump* Beton 38
3.6 Kuat Tekan Beton 39
3.7 Modulus Elastisitas Beton 40
3.8 Tarik Belah Beton 43
3.9 Umur Beton 44
3.10 Perawatan Beton 44
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 46
4.1 Umum 46
4.2 Lokasi Penelitian 47
4.3 Alat dan Bahan Penelitian 47
4.3.1 Alat Penelitian 47
4.3.2 Bahan Penelitian 49
4.4 Tahap Persiapan Penelitian 49
4.4.1 Persiapan Material 50
4.4.2 Pengujian Material 50
4.5 Tahapan Penelitian 57
4.5.1 Pembuatan Sampel Benda Uji 57
4.5.2 Pengujian *Workability* Campuran Beton 59
4.5.3 Perawatan Benda Uji 59
4.5.4 Pengujian Benda Uji 59
4.5.5 Analisis Pengujian Benda Uji 61
4.6 Kerangka Konsep Penelitian 62
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 65
5.1 Tinjauan Umum 65
5.2 Hasil Pengujian Propertis Bahan Penyusun Beton 65
5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Sungai 66
5.2.2 Hasil Pengujian Bahan Tambah Pasir Pantai 73
5.2.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar 80
5.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*) 85

5.3.1 Menentukan Data Awal Untuk *Mix Design* 85
5.3.2 Variasi *Mix Design* menggunakan Bahan Penggantian Sebagian 94
5.4 Pengujian Nilai *Slump* 100
5.5 Pemeriksaan Berat Volume Beton 101
5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton 105
5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton 108
5.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 118
5.9 Pola Retak Beton 121
BAB VI KESIMPULAN 125
6.1 Kesimpulan 125
6.2 Saran 126
DAFTAR PUSTAKA 127
LAMPIRAN 130

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	8
Tabel 3.1	Pengaruh Sifat Agregat Terhadap Sifat Beton	18
Tabel 3.2	Batas Syarat Gradasi Agregat Halus	25
Tabel 3.3	Batas Syarat Gradasi Agregat Kasar	26
Tabel 3.4	Faktor Pengali Deviasi Standar	30
Tabel 3.5	Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian	31
Tabel 3.6	Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen (FAS) = 0,5	32
Tabel 3.7	Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m^3 Beton	34
Tabel 4.1	Jumlah Benda Pengujian	58
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Halus Pasir Sungai	66
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Berat Volume Padat pada Agregat Halus Pasir Sungai	68
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Agregat Halus Pasir Sungai	70
Tabel 5.4	Tabel Daerah Gradasi Agregat Halus	71
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Lolos Saringan no. 200	72
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir Pantai	74
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir Pantai	75
Table 5.8	Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir Pantai	77
Tabel 5.9	Tabel Daerah Gradasi Agregat Halus	78
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Lolos Saringan no. 200	79
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Kasar	81
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	81
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	84
Tabel 5.14	Batas Gradasi Agregat Kasar	84
Tabel 5.15	Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen (FAS) = 0,5	86

Tabel 5.16 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus 88
Tabel 5.17 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m^3 Beton 89
Tabel 5.18 Perencanaan Mix Design tiap 1 m^3 94
Tabel 5.19 Hasil Perencanaan Mix Design Kebutuhan Total Material Tiap 1 m^3 96
Tabel 5.20 Hasil Perencanaan Mix Design Kebutuhan Total Material dengan Penyusutan Beton 30% Tiap 1 m^3 98
Tabel 5.21 Pengkodean Sampel Pengujian 98
Tabel 5.22 Hasil *Slump Test* Beton 100
Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Volume Beton 103
Tabel 5.24 Kuat Tekan 107
Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Beton 109
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton Metode ASTM C 469-94 113
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton Metode SNI-2847-2019 114
Tabel 5.28 Rekapitulasi Perbandingan Ec rerata Metode ASTM C-469-94 dengan Metode SNI-2847-2019 116
Tabel 5.29 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Elastisitas 117
Tabel 5.30 Kuat Tarik 119
Tabel 5.31 Rekapitulasi Seluruh Pengujian 120
Tabel 5.32 Pola Retak Pada Setiap Variasi Pengujian 122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Pasir Pantai	29
Gambar 3.2	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	33
Gambar 3.3	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm	35
Gambar 3.4	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 40 mm	35
Gambar 3.5	Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	37
Gambar 3.6	Pengujian Kuat Tekan Beton	39
Gambar 3.7	Sketsa Pengujian Kuat Tarik Beton	42
Gambar 3.8	Grafik Hubungan Tegangan – Regangan Beton	42
Gambar 3.9	Sketsa Pengujian Modulus Elastisitas	43
Gambar 3.10	Pengujian Tarik Belah Beton	43
Gambar 4.1	*Flowchart* Tahapan Penelitian	64
Gambar 5.1	Batas Gradasi Agregat Halus Pasir Sungai Daerah II	72
Gambar 5.2	Batas Gradasi Agregat Halus Pasir Pantai Daerah IV	79
Gambar 5.3	Batas Gradasi Agregat Kasar	85
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	87
Gambar 5.5	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm	90
Gambar 5.6	Grafik *Slump* 60 mm – 180 mm	90
Gambar 5.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	92
Gambar 5.8	Grafik *Slump Test*	100
Gambar 5.9	Pengujian Kuat Tekan Beton	106
Gambar 5.10	Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Variasi Pengujian	106
Gambar 5.11	Pengujian Modulus Elastisitas	108
Gambar 5.12	Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton	112

Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Metode Modulus Elastisitas 115
Gambar 5.14 Contoh Kerusakan Beton Akibat Uji Tarik 118
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Variasi 119

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1	Laporan Hasil Pengujian Agregat Halus	131
Lampiran L.2	Laporan Hasil Pengujian Agregat Kasar	141
Lampiran L.3	Laporan Tabel Data Benda Uji	145
Lampiran L.4	Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	147
Lampiran L.5	Laporan Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	149
Lampiran 5.1	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S1	149
Lampiran 5.2	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S2	153
Lampiran 5.3	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S3	156
Lampiran 5.4	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S1	160
Lampiran 5.5	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S2	164
Lampiran 5.6	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S3	168
Lampiran 5.7	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S1	171
Lampiran 5.8	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S2	175
Lampiran 5.9	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S3	178
Lampiran 5.10	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S1	182
Lampiran 5.11	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S2	186
Lampiran 5.12	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S3	190
Lampiran 5.13	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S1	194
Lampiran 5.14	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S2	198
Lampiran 5.15	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S3	202
Lampiran 5.16	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi BNS1	206
Lampiran 5.17	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi BNS2	210
Lampiran 5.18	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi BNS3	214
Lampiran L.6	Laporan Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	218
Lampiran L.7	Dokumentasi Penelitian	220

DAFTAR NOTASI

ΔL	= Deformasi longitudinal
L_0	= Tinggi efektif pengukuran
δ	= Tegangan
ε	= Regangan
ε_2	= Regangan longitudinal akibat tegangan sebesar S_2
A	= Luas penampang
ASTM	= *American Society for Testing and Material*
B15	= Beton variasi satu
B20	= Beton variasi dua
B25	= Beton variasi tiga
B30	= Beton variasi empat
B35	= Beton variasi lima
BN	= Beton variasi enam
B	= Berat piknometer berisi air (gr)
Ba	= Berat kerikil dalam air (gr)
Bj	= Berat kerikil kondisi jenuh kering permukaan (gr)
Bk	= Berat agregat halus kering oven (gr)
Bt	= Berat piknometer berisi air dan pasir (gr)
cm	= Centimeter
CTM	= *Compression Testing Machine*
d	= Diameter
D	= Diameter silinder
E_c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
f'c	= Kuat tekan beton (MPa)
f'cr	= Kuat tekan rata-rata rencana (MPa)
f'ct	= Kuat tarik belah (MPa)
FAS	= Faktor air semen
kg	= kilogram

L = Tinggi silinder

M = Nilai tambah

m = meter

mm = milimeter

MHB = Modulus halus butir

MPa = MegaPascal

P = Gaya desak

PCC = *Portland Composite Cement*

S_2 = Tegangan pada saat 40% dari tegangan batas

S_1 = Tegangan pada saat regangan 0,00005

Sd = Standar deviasi

SNI = Standar nasional Indonesia

SSD = Berat jenis kering permukaan

v = Volume silinder (cm^3)

W = Berat agregat (gr)

Wc = Berat volume beton (kg/m^3)

Wh = Perkiraan jumlah air pada agregat halus

Wk = Perkiraan jumlah air pada agregat kasar

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu alternatif pilihan konstruksi yang utama karena mempunyai keuntungan seperti memiliki kekuatan yang relatif kuat, tahan terhadap cuaca, tahan terhadap api, dan beton mudah dikerjakan sesuai dengan rencana struktur. Dengan terbatasnya sumber daya alam dalam pengadaan material bangunan seperti kebutuhan pasir, serta faktor biaya pengadaan pasir yang cukup mahal, sehingga perlu adanya alternatif untuk pengganti sebagian pasir. Salah satunya dengan memanfaatkan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Penggunaan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus akan memiliki dampak positif bagi masyarakat pesisir dan kepulauan, yang kesulitan mendapat pasir yang berasal dari sungai.

Pada penelitian ini digunakan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian dengan variasi 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% dari berat agregat halus yang dibutuhkan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui persentase kadar optimum dari pasir pantai Nias berdasarkan pengujian kuat tekan beton, pengujian modulus elastisitas beton, dan kuat tarik belah beton dengan umur rencana 28 hari. Perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI-03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana sebesar 21 MPa dengan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Hasil yang diperoleh pada pengujian kuat tekan beton dengan nilai rerata maksimal berada pada variasi B30 sebesar 31,5 MPa meningkat sebesar 6,27% dari nilai kuat tekan kontrol. Pengujian modulus elastisitas beton menggunakan metode perhitungan ASTM C-469-94 dengan nilai rerata maksimal berada pada variasi B30 sebesar 26717,937 MPa meningkat sebesar 1831,828 MPa. Sedangkan pengujian tarik belah beton dengan nilai rerata maksimal berada pada variasi B30 sebesar 2,55 MPa meningkat sebesar 8,1% dari nilai kuat tekan. Dapat disimpulkan bahwa dari ketiga pengujian tersebut, nilai optimum yang didapatkan berada pada variasi B30. Oleh karena itu, penggunaan pasir pantai Nias sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus optimum pada kadar 30% dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pola retakan yang dominan berupa pola retak kerucut yang menunjukkan bahwa proporsi campuran dan distribusi tekanan saat pengujian terdistribusi merata.

Kata kunci: Beton, Pasir Pantai Nias, Pengujian Kuat Tekan Beton, Pengujian Modulus Elastisitas Beton, Pengujian Tarik Belah Beton.

ABSTRACT

Concrete is one of the main alternative construction choices because it has advantages such as having relatively strong strength, weather resistance, fire resistance, and concrete is easy to work with according to the structural plan. With limited natural resources in the procurement of building materials such as sand needs, as well as the cost factor of sand procurement which is quite expensive, so there needs to be an alternative to replace some of the sand. One of them is by utilizing beach sand as a substitute for some of the fine aggregate. The use of beach sand as a substitute for some of the fine aggregate will have a positive impact on coastal and island communities, who have difficulty getting sand from rivers.

In this study, beach sand was used as a partial replacement material with variations of 15%, 20%, 25%, 30%, and 35% of the required fine aggregate weight. Testing was carried out to determine the optimum percentage content of Nias beach sand based on concrete compressive strength testing, concrete elastic modulus testing, and concrete splitting tensile strength with a design age of 28 days. The calculation of the concrete mixture planning used the SNI-03-2834-2000 method with a design compressive strength of 21 MPa with a cylindrical test object with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm.

The results obtained from the concrete compressive strength test with a maximum average value at the B30 variation of 31.5 MPa increased by 6.27% from the control compressive strength value. The concrete elastic modulus test using the ASTM C-469-94 calculation method with a maximum average value at the B30 variation of 26717.937 MPa increased by 1831.828 MPa. While the concrete splitting tensile test with a maximum average value at the B30 variation of 2.55 MPa increased by 8.1% from the compressive strength value. It can be concluded that from the three tests, the optimum value obtained is at the B30 variation. Therefore, the use of Nias beach sand as a partial substitute for optimum fine aggregate at a content of 30% can increase the compressive strength of concrete. The dominant crack pattern is a cone crack pattern which shows that the proportion of the mixture and the distribution of pressure during testing are evenly distributed.

Keywords: *Concrete, Nias Beach Sand, Concrete Compressive Strength Testing, Concrete Modulus of Elasticity Testing, Concrete Split Tensile Testing.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi khususnya di Indonesia sangat pesat, dimana hampir 60% material yang digunakan dalam konstruksi adalah beton. Berbagai bangunan didirikan menggunakan beton sebagai bahan utama, baik bangunan gedung, bangunan air, maupun bangunan sarana transportasi. Menurut SNI 2847-2019, beton tersusun dari kombinasi agregat halus, agregat kasar, semen, air dan bila dikehendaki sifat khusus dapat menambahkan sebuah bahan tambah (*chemical admixture*). Dalam pembuatan beton akan timbul reaksi kimia (hidrasi) yang disebabkan oleh air dan semen dalam kurun waktu yang cukup lama sehingga campuran tersebut dapat bertahan keras sesuai dengan pertambahan umurnya.

Kemajuan teknologi di bidang konstruksi di Indonesia terus berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan infrastruktur yang lebih modern. Hal ini terlihat dari pembangunan berbagai fasilitas, seperti jembatan dengan bentang yang panjang dan lebar, gedung bertingkat tinggi terutama pada elemen kolom, beton pracetak, dan infrastruktur lainnya. Dalam perencanaannya, pembangunan fasilitas-fasilitas tersebut semakin mengarah pada penggunaan beton berkualitas tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan, umur layanan, dan efisiensi.

Dengan meningkatnya kebutuhan infrastruktur bangunan di Indonesia, maka semakin meningkatnya kebutuhan material. Salah satu material utama dalam infrastruktur bangunan adalah beton. Menurut Wika Beton, beton dapat menjadi alternatif dalam konstruksi yang utama karena memiliki kelebihan seperti memiliki kekuatan yang relatif kuat, tahan terhadap tekanan, keras seperti batu serta tidak butuh biaya banyak dalam perawatan. Kebutuhan beton lambat laun semakin meningkat seiring dengan perkembangan pembangunan dunia konstruksi pada saat

ini, sehingga permintaan bahan susun beton juga ikut meningkat, khususnya yaitu permintaan pasir.

Menurut Rini, dkk. (2022) pasir pantai Nias memiliki butiran tekstur yang halus, bulat, gradasi yang seragam dan mengandung kadar garam yang cukup tinggi, sehingga akan mempengaruhi kualitas beton. Akan tetapi masyarakat yang tinggal di pesisir pantai masih menggunakan pasir pantai sebagai salah satu agregat halus pada beton dengan alasan mudah didapat. Dikarenakan pasir pantai mudah didapatkan daripada pasir sungai yang harganya tergolong lebih mahal, maka penduduk yang tinggal di daerah pesisir menggunakan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat dalam campuran pada bangunan

Salah satu penyebab berkualitas atau tidaknya suatu beton ditinjau dari penggunaan bahan beton seperti pasir, semen, dan bahan campuran lainnya. Faktor pemilihan bahan campuran beton sangat perlu diperhatikan karena akan menentukan kulitas suatu beton. Misalnya pemilihan pasir sebagai bahan campuran beton perlu menjadi perhatian yang cukup krusial. Pasir mempunyai karakteristik yang dapat digunakan dalam pembuatan beton. Salah satu bahan campuran beton yang cukup baik yaitu pasir pantai. Manfaat penggunaan pasir pantai sebagai bahan campuran beton adalah karakteristik butiran pasir pantai yang halus dengan ukuran berkisar 0,55 mm - 2.5 mm, berbeda dengan pasir sungai yang rata-rata berukuran 0,55 mm - 3 mm.

Kondisi lingkungan di Nias menunjukkan potensi pengembangan wilayah jika dimanfaatkan secara optimal. Potensi bahan galian bangunan seperti batu gamping, batu pasir, pasir, dan sirtu juga cukup besar. Bangunan konstruksi khususnya bangunan tempat tinggal (rumah hunian) hampir selalu menggunakan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat. Pasir pantai yang digunakan diambil dari tepian pantai saja, tidak diambil dari dasar laut. Penggunaan pasir pantai ini sudah sejak lama dilakukan, sehingga sudah menjadi sebuah kebiasaan masyarakat dalam membangun konstruksi bangunan. Penggunaan pasir pantai ini memiliki alasan yaitu kerena faktor keterbatasan sumber daya dari segi pasokan pengadaan material bangunan, sehingga pasir pantai lebih mudah diakses dan

tersedia secara lokal, serta faktor biayanya, dengan menggunakan pasir pantai lebih murah dibandingkan harus mengimpor pasir dari luar daerah.

Pasir pantai juga memiliki kekurangan tertentu, salah satunya adalah kandungan kadar garam yang tinggi yang akan membuat besi mudah berkarat. Kekuatan beton yang diuji sangat penting untuk penggunaan pasir pantai. Jika kekuatan betonnya tinggi, sifat lain akan lebih baik. Berdasarkan SNI 03-6468-2000, kualitas bahan material, air semen, agregat, prosedur pengerjaan (seperti pencampuran, pemadatan, dan pengawetan), dan umur pengujian adalah beberapa faktor yang memengaruhi kekuatan tekan beton.

Penggunaan pasir pantai sebagai bahan campuran beton akan memiliki dampak positif bagi masyarakat pesisir dan kepulauan, yang kesulitan mendapat pasir yang berasal dari sungai. Pemanfaatan pasir pantai ini dilakukan oleh masyarakat khususnya pulau Nias sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus, sehingga perlu dikaji bagaimana karakteristik beton dengan campuran pasir pantai sebagai agregat halus dilihat dari *workability*, nilai kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, serta tarik belah beton.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat halus pantai Nias sebagai bahan penggantian sebagian campuran terhadap nilai uji *slump*, kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, dan tarik belah beton?
2. Berapa kadar optimum penggunaan agregat halus pantai Nias sebagai bahan penggantian sebagian campuran dalam interval 5% pada campuran beton?
3. Bagaimana model pola kerusakan benda uji setelah diuji?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai uji *slump* beton terhadap penggunaan bahan penggantian

sebagian agregat halus dengan pasir pantai serta bagaimana campuran material agregat pasir pantai memengaruhi kuat tekan, modulus elastisitas, dan tarik belah beton.

2. Mengetahui kadar optimum penggunaan bahan penggantian sebagian agregat halus dengan pasir pantai dalam interval 5% pada campuran beton.
3. Mengetahui model pola kerusakan pada benda uji yang terjadi setelah pengujian.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi banyak orang secara umum dalam perkembangan khususnya dalam perkembangan teknologi beton. Adapun manfaat yang akan diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi dan sumber informasi dalam dunia konstruksi tentang pencampuran beton dengan penggunaan material campuran pasir pantai dapat menjadi alternatif lain sebagai pengganti sebagian pasir sungai.
2. Pemanfaatan pasir pantai dapat digunakan sebagai solusi dalam konstruksi pembangunan khususnya di daerah sekitar pesisir.
3. Diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan tentang penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus yang dicampur dengan beton.

1.5 Batasan Penelitian

Agar sesuai dengan tujuan penelitian, adapun batasan dari penelitian seperti berikut ini:

1. Jumlah benda uji dalam setiap pengujian sebanyak 3 per setiap variasi pengujian.
2. Umur benda uji adalah 28 hari.
3. Jenis pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton, modulus elastisitas beton dan tarik belah beton.
4. Mutu beton yang direncanakan pada penelitian ini adalah 21 MPa.

5. Variasi campuran pasir pantai sebagai bahan penggantian sebagian dari agregat halus yang akan digunakan adalah 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%.
6. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
7. Semen *Portland* yang akan digunakan adalah semen tipe I dengan merk Semen Tiga Roda.
8. Pasir pantai yang digunakan adalah pasir pantai Nias, Sumatera Utara
9. Pasir sungai yang digunakan adalah berasal dari Sungai Progo, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.
10. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Celereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan besar butiran maksimum 20 mm.
11. Air yang digunakan adalah air yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
12. Perawatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan dengan cara merendam benda uji di dalam bak yang berisikan air sampai seluruh permukaan.
13. Pengujian hanya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
14. Penelitian ini tidak mengestimasi biaya bahan material.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada umumnya beton merupakan perpaduan antara agregat halus, agregat kasar, semen *portland* dan air dengan menggunakan perbandingan tertentu. Karena beton bersifat komposit, maka kualitas dari beton itu sendiri sangat bergantung pada kualitas masing-masing material pembentuk. Agar menghasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini, tinjauan dibutuhkan untuk mendapatkan hasil dari permasalahan mengenai pengaruh penggunaan pasir pantai Nias sebagai agregat halus terhadap kekuatan beton. Tinjauan umum ini diambil dari penelitian – penelitian sebelumnya yang telah dilakukan yang erat kaitannya terhadap penelitian yang dilakukan ini. Penelitian – penelitian tersebut nantinya akan menjadi sumber referensi dalam melaksanakan penelitian ini.

2.2 Penggunaan Agregat Pasir Pantai Sebagai Bahan Penggantian Sebagian Terhadap Kekuatan Beton

Menurut Tata (2019) membahas mengenai sifat mekanis beton dengan campuran pasir pantai dan air laut, kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin tinggi nilai FAS maka semakin rendah kekuatan rata-rata beton tersebut. Pada tambang pasir yang berbeda, penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus dapat menurunkan kekuatan beton. Dikarenakan adanya penggunaan air laut, campuran beton juga ikut mengurangi kekuatan beton hingga mencapai diatas 2%.

Menurut Atmaja (2021) melakukan penelitian tentang analisa kuat beton menggunakan agregat halus pasir pantai bunga dan pasir sungai. Hasil dari pengujian kuat tekan beton yang didapatkan adalah pasir sungai memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang tinggi melebihi kuat tekan pada acuan control yang direncanakan yaitu 24 MPa pada umur beton 28 hari.

Menurut Rini dkk. (2022) melakukan penelitian tentang analisis eksperimental penggunaan pasir laut sorake dan pasir sungai gomo pada campuran beton. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa hasil kuat tekan pada masing-masing sampel yaitu sebesar 20,55 MPa dan agregat halus dari pasir laut dan pasir sungai tidak layak untuk struktur beton.

Menurut Rumingga (2022) melakukan penelitian tentang pemanfaatan pasir laut sebagai campuran agregat halus pada beton normal. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menunjukkan campuran agregat halus beton menggunakan pasir laut dengan agregat halus pasir gunung menyebabkan mutu beton menurun. Dan penggunaan pasir laut sebagai agregat pada beton mengakibatkan kualitas mutu beton menurun karena tidak memenuhi standar spesifikasi agregat halus. Untuk pengaruh pada kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat geser mengalami penurunan seiring dengan penambahan variasi campuran agregat halus pasir laut.

Menurut Zikrillah (2023) melakukan penelitian tentang analisis pengaruh penggunaan air laut, pasir laut, dan serbuk kerang pada campuran beton terhadap kuat tekan. Hasil penelitian menunjukan bahwa proses *curing* beton dalam air laut dapat menurunkan kuat tekan beton, penggunaan pasir laut dalam campuran menurunkan kuat tekan beton, sedangkan air laut dapat meningkatkan kuat tekan beton.

2.3 Perbandingan dan Keaslian Penelitian

Adapun beberapa tinjauan pustaka yang diperoleh dari penelitian yang terdahulu yang dapat dilihat dalam Tabel 2.1 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Judul Penelitian	Sifat Mekanis Beton dengan Campuran Pasir Pantai dan Air Laut	Analisa Kuat Beton Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Bunga dan Pasir Sungai	Analisis Eksperimental Penggunaan Pasir Pantai Sorake dan Pasir Sungai Gomo Pada Campuran Beton	Pengaruh Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Beton Normal	Analisis Pengaruh Penggunaan Air Laut, Pasir Laut, dan Serbuk Kerang Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan	Pengaruh Bahan Tambah Agregat Halus Pasir Pantai Nias Terhadap Kekuatan Beton
Bahan yang Digunakan	Pasir Pantai	Pasir Pantai dan Pasir Sungai	Pasir Pantai dan Pasir Sungai	Pasir Pantai	Pasir Pantai	Pasir Pantai dan Pasir Sungai

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Parameter yang Diteliti	Penggunaan agregat halus, agregat kasar, air laut dengan kandungan salinitasnya antara 3% - 3,6%, mutu beton rencana 25 MPa, dan semen.	Penggunaan agregat halus yaitu pasir pantai 100% dan pasir sungai 100% secara terpisah, agregat kasar, menggunakan acuan kontrol beton normal 24 MPa, air dan semen.	Penggunaan agregat halus yaitu pasir pantai dan pasir sungai, agregat kasar, air dan semen.	Penggunaan agregat (halus dan kasar), air, semen, dan pasir laut.	Penggunaan agregat halus, agregat kasar, air laut, semen PCC, kerang, dan uji karbonasi.	Penggunaan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dengan 5 variasi yaitu 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%, agregat kasar, air, dan semen

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Metode Penelitian	- Metode eksperimental pengujian agregat pengujian kuat tekan beton. - Perencanaan campuran beton dengan kuat tekan sebesar 25 MPa.	- Membandingkan mutu beton penggunaan pasir sungai dengan pasir pantai yang telah ditreatmen. - Penelitian ini menggunakan rencana campuran *Mix Design*	- Metode eksperimental pengujian *slump* dan kuat tekan beton - Agregatnya menggunakan 2 perlakukan yaitu dalam keadaan sebenarnya dan dicuci	- Metode eksperimental pengujian kuat tekan, pengujian kuat Tarik, pengujian kuat geser, dan *slump* test.	- Metode eksperimental pada pengujian kuat tekan beton dan pengujian karbonasi. - Menggunakan sampel kubus diameter 15 cm sebanyak 96 sampel.	- Metode eksperimental pengujian *slump*, kuat tekan beton, modulus elastisitas beton dan tarik belah beton

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Metode Penelitian	- Pengujian menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. - Pengujian dilakukan pada umur 28 hari	- Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *slump* dan pengujian kuat tekan beton. - Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 7, 14, 28 hari.	- Penelitian ini menggunakan rencana campuran *Mix Design* - Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 7, 14, 21 dan 28 hari.	- Pengujian menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. - Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.	- Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 7, 14, 28, dan 56 hari.	- Penelitian ini menggunakan rencana campuran *Mix Design* (pasir pantai dan pasir sungai) - Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Metode Penelitian			- Menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.			- Pengujian menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
Hasil Penelitian	Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan semakin besar	Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa pasir sungai dan pasir pantai memiliki	Nilai kuat tekan beton yang paling besar dengan menggunakan pasir laut tidak	Dari hasil pengujian menunjukkan campuran agregat halus beton	Penggunaan pasir laut sebagai pengganti pasir sungai berpengaruh buruk pada kuat	Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Hasil Penelitian	nilai FAS maka kuat tekan beton rata-rata mengalami penurunan. Pada *Quarry* yang berbeda penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus dapat menurunkan dimana kuat tekan beton	Nilai kuat tekan rata-rata yang tinggi melebihi nilai kuat tekan acuan kontrol yang direncanakan yaitu 24 MPa pada umur 28 hari. Pasir pantai umur 7 hari memiliki nilai kuat tekan	tidak cuci adalah 20,55 Mpa. Agregat halus dari pasir laut sorake dan pasir sungai gomo tidak layak untuk struktur beton.	menggunakan pasir laut dengan agregat halus pasir gunung menyebabkan mutu beton menurun. penggunaan pasir laut sebagai agregat pada beton mengakibatkan	tekan beton bila dibandingkan dengan beton normal. Penggunaan air laut sebagai pengganti air tawar untuk pencampur beton berpengaruh baik pada kuat tekan beton	pasir pantai Nias, maka nilai kuat tekan beton akan semakin tinggi. Nilai kuat tekan rata-rata melebihi nilai mutu beton yang direncanakan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Hasil Penelitian	kekuatan beton. Akibat menggunakan campuran air laut maka campuran beton dapat juga menurunkan kekuatan beton hingga 2%.	sebesar 18,34 MPa, pasir sungainya 17,92 MPa. Pasir pantai umur 14 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 22,66 MPa, pasir sungainya 22,24 MPa. Pasir pantai umur 28 hari		kualitas mutu beton menurun karena tidak memenuhi standar spesifikasi agregat halus. Untuk pengaruh pada kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat geser mengalami penurunan	normal *curing* tawar (BNCT). Penggunaan serbuk kerang dengan suhu 500 derajat sebagai tambahan semen dapat memperbaiki penurunan kuat tekan beton. *Curing* air laut pada berbagai variasi memiliki	yaitu sebesar 21 MPa. Mutu beton optimum didapatkan pada variasi B35 sebesar 32,1 MPa, meningkat sebesar 11,1% dari mutu beton rencana.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	**Penelitian Terdahulu**					**Penelitian yang Sekarang**
Peneliti	**Tata (2019)**	**Atmaja (2021)**	**Rini, dkk (2022)**	**Rumingga (2022)**	**Zikrillah (2023)**	**Penulis (2025)**
Hasil Penelitian		memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,23 MPa, pasir sungainya 25,06 MPa.		seiring dengan penambahan variasi campuran agregat halus pasir laut.	efek negatif pada umur 56 hari, yang menyebabkan sampel mengalami penurunan kuat tekan.	

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Menurut SNI-03-2847-2019, beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Beton akan mengalami sifat pengerasan bergantung dengan kualitas bahan dasarnya, umur betonnya, pengaruh perbandingan campuran, proses perawatan serta kondisi di sekitar beton. Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Sedangakan menurut Dipohusodo (1999), beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan agregat kasar berupa pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Dalam membuat beton harus memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama dalam memperoleh adukan beton segar yang baik sehingga akan menghasilkan beton keras yang baik pula. Beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo, 1996).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), ada beberapa kelebihan dan kekurangan dari beton sebagai struktur bangunan. Kelebihannya antara lain sebagai berikut.

1. Materialnya mudah ditemukan disekitar, sehingga harganya relatif lebih murah,
2. Beton mempunyai sifat kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan akan mendapatkan kuat tekan dan kuat tarik yang baik,

3. Beton memiliki sifat kelecakan yang baik sehingga memudahkan dalam proses pengerjaan,
4. Keawetan (*durability*) beton sangat baik sehingga beton termasuk bahan yang awet, tahan air, tahan aus, tahan kebakaran, tahan dari pengkaratan serta pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan yang relatif murah, dan
5. Beton segar dapat disalurkan melalui pompa untuk menjangkau tempat yang sulit untuk melakukan penuangan.

Sedangkan untuk kekurangan dari beton diantara sebagai berikut.

1. Dibalik kekuatan tekan yang baik, beton mempunyai kelemahan dalam kuat tarik sehingga perlu ditambahkan tulangan,
2. Beton dapat mengembang dan menyusut terhadap perubahan suhu,
3. Struktur beton sulit untuk dipindahkan, dan
4. Pemakaian kembali atau daur ulang biasanya sulit untuk dilakukan.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Menurut Tjokrodimuljo (1992), beton merupakan suatu bahan komposit dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran agregat halus, agregat kasar, air, semen dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton bersifat komposit, maka kualitas beton sangat tergantung pada kualitas material pembentuk. Setiap bahan penyusun beton mempunyai fungsi yang berbeda tergantung pada kegunaannya. Bahan penyusun beton ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Agregat

Berdasarkan SNI 2847:2013 agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-fumace slag*), yang digunakan dengan media perangkat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidarulis. Dalam campuran beton, agregat merupakan pengisi (*filter*) dan penguat (*strenger*) serta menempati 60% - 70% dari volume total beton sehingga sangat mempengaruhi sifat beton atau mortar. yang diperoleh dari batu pecah. Agregat sangat berpengaruh

terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

Tabel 3.1 Pengaruh Sifat Agregat Terhadap Sifat Beton

Sifat Agregat	Pengaruh Pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, dan gradasi	Beton cair	Pengerasan, kelecakan, dan pengikatan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton keras	Kekuatan, ketahanan, dan kekerasan

Sumber : Nugraha & Antoni, 2007

Berdasarkan ukuranya, agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus. Ukuran dari agregat kasar yaitu lebih besar dari 4,8 mm sampai 40 mm, sedangkan ukuran dari agregat halus yaitu kurang dari 4,8 mm. Berikut merupakan agregat yang dipakai dalam pembuatan beton.

1. Agregat Halus

   Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dapat berupa pasir alam hasil dari desintegrasi alami dari batuan-batuan atau pasir buatan yang mempunyai ukuran butir lebih kecil (lolos saringan no. 4). Agregat halus yang akan digunakan pada penelitian ini ada 2 jenis yaitu pasir pantai yang diambil dari Nias dan pasir sungai.

   Menurut PBI 1971, syarat - syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut.

   a. Agregatnya terdiri dari butiran - butiran yang beraneka ragam ukurannya, serta harus masuk salah satu daerah susunan butir atau gradari menurut daerah gradasi 1, 2, 3 atau 4 dengan memenuhi persyaratan sebagai berikut.
      1) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, minimum 15% berat.
      2) Sisa di atas ayakan 1,20 mm, minimum 10% berat.
      3) Sisa di atas ayakan 4,80 mm, minimum 2% berat.

b. Agregatnya tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering, apabila lebih dari 5% maka agregatnya harus dicuci terlebih dahulu,
c. Agregatnya tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, dibuktikan melalui tes percobaan warna dari ABRAMS_HARDER,
d. Agregatnya terdiri dari butiran tajam, keras, tidak hancur oleh pengatuh kondisi lingkungan seperti suhu dan cuaca,
e. Angka kehalusan (*fineness modulus*) untuk *coarse sand* antara 3,2 – 4,5, dan
f. Angka kehalusan (*fineness modulus*) untuk *fine sand* antara 2,2 – 3,2.

Pengujian pada agregat halus ini bertujuan untuk memperoleh kualitas material yang akan digunakan sesuai dengan standar. Pengujian agregat halus yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian berat jenis dan penyerpaan air

   Pengujian berat jenis dan penyerapan air ini bertujuan untuk menentukan berat jenis mutlak, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat halus. Sebagai penjelasan pengertian adalah sebagai berikut.

   1) Berat jenis mutlak (*Bulk Specific Gravity*)

      Berat jenis mutlak merupakan perbandingan antara berat agregat kering dengan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada kondisi suhu tertentu.

   2) Berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry*)

      Berat jenis jenuh kering permukaan merupakan berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada kondisi suhu tertentu.

   3) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

      Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama degan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

4) Penyerapan air

Penyerapan air merupakan persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Perhitungan yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis mutlak} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500-Bk}{Bk} \quad (3.4)$$

Keterangan :

Bk = Berat agregat halus kering mutlak (gr)

Bt = Berat piknometer berisi air dan pasir (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

b. Pengujian berat isi padat

Pengujian berat isi padat bertujuan untuk menentukan berat isi padat pada agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan berat agregat dalam keadaan padat dan volume silinder yang digunakan pada saat pengujian. Perhitungan berat isi padat agregat halus menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\text{Berat isi padat} = \frac{W}{Vol} \quad (3.5)$$

Keterangan :

W = Berat agregat (gr)

v = Volume silinder (cm^3)

c. Pengujian analisa saringan

Modulus halus butir adalah suatu indeks yang digunakan untuk menunjukkan kehalusan atau kekasaran butiran agregat, semakin besar

nilai modulus halus butir, maka semakin besar butir agregat. Pada pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat halus dengan menggunakan saringan. Adapun tujuan dari pengujian analisa saringan ini sebagai berikut.

1) Untuk meningkatkan *workability* pada beton sehingga mudah untuk dikerjakan,
2) Untuk mendapatkan beton dengan kepadatan yang baik,
3) Untuk mendapatkan batas gradasi dari agregat halus ataupun agregat kasar,
4) Untuk mendapatkan beton dengan kekuatan tinggi, dan
5) Untuk mendapatkan campuran analisa agregat dengan proporsi yang ideal pada saat pencampuran beton.

Perhitungan analisa saringan pada agregat halus menggunakan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\text{Persentase berat hilang} = \frac{a-b}{a} \text{ x } 100\% \quad (3.6)$$

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\Sigma \text{ (\% kumulatif)}}{100} \quad (3.7)$$

Keterangan :

a = Berat agregat kering mutlak sebelum diayak (gr)

b = Berat agregat setelah diayak (gr)

Σ (% kumulatif) = Berat tertinggal kumulatif (%)

d. Pengujian lolos saringan No. 200

Pengujian lolos saringan No. 200 ini bertujuan untuk menentukan banyaknya agregat yang lolos saringan No. 200 atau 0.075 mm setelah agregat dicuci hingga jernih. Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur yang lolos saringan No. 200 dan terkandung pada agregat halus. Menurut (Mulyono, 2004), kadar lumpur yang masih diperbolehkan dalam syarat menurut SII 0052-80 maksimum 5%. Kandungan lumpur yang melebihi batas maksimum mengakibatkan gangguan pada ikatan antara agregat halus dengan semen. Perhitungan

yang digunakan dalam pengujian lolos saringan No. 200 menggunakan persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan :

W1 = Berat agregat halus kering oven (gr)

W2 = Berat agregat halus kering oven setelah dicuci (gr)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar berguna sebagai bahan pengisi pada campuran beton. Agregat kasar ini dapat terdiri dari batu dan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu (SNI 03-2487 2002). Agregat kasar yang akan digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang disediakan di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi FTSP Universitas Islam Indonesia.

Menurut SNI 03-6861.1-2002, syarat-syarat agregat kasar adalah sebagai berikut.

a. Agregatnya berupa kerikil yang berasal dari batuan alami atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu,
b. Agregatnya harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak memiliki pori-pori,
c. Agregatnya mempunyai sifat kekal yang artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh cuaca, seperti hujan dan terik matahari,
d. Agregatnya tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering, apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu,
e. Agregatnya tidak boleh mengandung zat yang reaktif alkali, apabila mengandung zat reaktif tersebut dapat merusak beton, dan
f. Ukuran butir agregat kasar maksimum tidak boleh melebihi 1/5 jarak terkecil antara bidang samping cetakan, 1/3 pelat beton, atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas berkas tulangan.

Pengujian pada agregat kasar ini bertujuan untuk memperoleh kualitas material yang akan digunakan sesuai dengan standar. Pengujian agregat kasar yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air ini bertujuan untuk menentukan berat jenis mutlak, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat kasar. Sebagai penjelasan pengertian adalah sebagai berikut.

1) Berat jenis mutlak (*Bulk Specific Gravity*)

Berat jenis mutlak merupakan perbandingan antara berat agregat kering dengan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada kondisi suhu tertentu.

2) Berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry*)

Berat jenis jenuh kering permukaan merupakan berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada kondisi suhu tertentu.

3) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama degan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

4) Penyerapan air

Penyerapan air merupakan persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.Perhitungan yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis mutlak} = \frac{\text{Bk}}{\text{Bj}-\text{ba}} \quad (3.9)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{\text{Bj}}{\text{Bj}-\text{ba}} \quad (3.10)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{\text{Bk}}{\text{Bk}-\text{ba}} \quad (3.11)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{\text{Bj}-\text{Bk}}{\text{Bk}} \quad (3.12)$$

Keterangan :

Bk = Berat kerikil kering mutlak (gr)

Bj = Berat kerikil kondisi jenuh kering SSD (gr)

Ba = Berat kerikil dalam air (gr)

b. Pengujian berat isi padat

Pengujian berat isi padat bertujuan untuk menentukan berat isi padat pada agregat kasar. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan berat agregat dalam keadaan padat dan volume silinder yang digunakan pada saat pengujian. Perhitungan berat isi padat agregat kasar menggunakan Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$\text{Berat isi padat} = \frac{W}{v} \quad (3.13)$$

Keterangan :

W = Berat agregat (gr)

v = Volume silinder (cm^3)

c. Pengujian analisa saringan

Modulus halus butir adalah suatu indeks yang digunakan untuk menunjukkan kehalusan atau kekasaran butiran agregat, semakin besar nilai modulus halus butir, maka semakin besar butir agregat. Pada pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat kasar dengan menggunakan saringan. Adapun tujuan dari pengujian analisa saringan ini sebagai berikut.

1) Untuk meningkatkan *workability* pada beton sehingga mudah untuk dikerjakan,
2) Untuk mendapatkan beton dengan kepadatan yang baik,
3) Untuk mendapatkan batas gradasi dari agregat halus ataupun agregat kasar,
4) Untuk mendapatkan beton dengan kekuatan tinggi, dan
5) Untuk mendapatkan campuran analisa agregat dengan proporsi yang ideal pada saat pencampuran beton.

Perhitungan analisa saringan pada agregat kasar sama dengan perhitungan analisa saringan pada agregat halus, sehingga analisa saringan pada agregat kasar menggunakan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7.

3.2.2 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran partikel agregat dalam suatu campuran. Gradasi agregat sangat penting dalam menentukan sifat-sifat beton, seperti kekuatan, ketahanan, dan *workability*. Faktor-faktor yang mempengaruhi gradasi agregat adalah jenis agregat, ukuran partikel, dan distribusi ukuran partikel. Tingkat gradasi mempengaruhi jumlah volume pori beton, berpengaruh pada kepadatan dan kebutuhan perekat (pasta semen). Jenis gradasi agregat terbagi menjadi 2 bagian yaitu:

1. Gradasi Agregat Halus

   Gradasi agregat halus adalah distribusi ukuran partikel agregat halus, seperti pasir.

2. Gradasi Agregat Kasar

   Gradasi agregat kasar adalah distribusi ukuran partikel agregat kasar, seperti kerikil atau batu pecah.

Tabel 3.2 Batas Syarat Gradasi Agregat Halus

Gradasi Pasir				
Lubang ayakan (mm)	**Persen Butir Agregat Lolos Ayakan (%)**			
	Daerah I	**Daerah II**	**Daerah III**	**Daerah IV**
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah IV : Pasir halus

Sumber : SNI-03-2834-2000

Tabel 3.3 Batas Syarat Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	**Persen Butir Agregat Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum**		
	40 mm	**20 mm**	**10 mm**
40	95-100	100	-
20	30-70	95-100	100
10	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber : SNI-03-2834-2000

3.2.3 Semen *Portland* (PC)

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*Clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling menggunakan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (*Mineral in component*).

Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen *portland* dengan merk Tiga Roda, disesuikan dengan merk semen yang ada di Nias, Sumatera Utara. Semen *portland* memiliki kandungan kalsium yang tinggi dan bersifat hidrolis. Semen hidrolis yang mempunyai fungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Dengan menggunakan jenis semen tersebut maka diperlukan air yang berguna untuk berlangsungnya reaksi kimia pada proses hidrasi. Pada saat proses hidrasi, semen akan mengeras dan mengikat bahan susun beton dan membentuk massa padat.

Dalam SNI-03-2834-2000, terdapat 5 jenis tipe semen sebagai berikut:

1. Tipe I, jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum.
2. Tipe II, merupakan modifikasi dari semen tipe I, yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis serangan sulfat.
3. Tipe III, merupakan tipe semen yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, yaitu tipe semen yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Tipe V, yaitu tipe semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.4 Air

Pada pembuatan beton, air mempunyai fungsi menghasilkan reaksi hidrasi antar molekul semen sehingga akan menghasilkan pasta semen yang digunakan untuk proses pengikatan. Air digunakan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyak gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi nilai dari kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar (SNI 7974: 2013).

Menurut Tjokrodimuljo (1996), air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Jumlah air yang dipakai agar bereaksi dengan semen sekitar 25% dari berat semen, namun dalam pelaksanaannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 35%. Tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos.

Menurut Tjokrodimuljo (1992), persyaratan air untuk bahan bangunan sebagai berikut.

1. Air harus bersih,

2. Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual, benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter,
3. Air tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gram per liter, khusus untuk beton prategang kandungan klorida tidak boleh lebih 0,05 gram per liter,
4. Air tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram per liter, dan
5. Air tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

Air yang digunakan dalam penelitian biasanya dapat berupa air tawar, air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga mencapai 20%. Namun, air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton prategang maupun beton bertulang karena akan mengakibatkan resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan (Mulyono, 2004).

3.3 Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus

Fungsi dari bahan tersebut adalah untuk mengubah sifat pada beton atau pasta semen agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Dalam penelitian ini, pasir pantai akan digunakan sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Pasir pantai Nias umumnya memiliki karakteristik butiran yang halus dan bulat, gradasi (susunan besar butiran) yang seragam serta mengandung garam yang tidak menguntungkan bagi beton, Butiran yang halus dan bulat serta gradasi yang seragam, dapat mengurangi daya lekat antar butiran dan berpengaruh terhadap kekuatan dan ketahanan beton. Akan tetapi masyarakat yang tinggal di pesisir pantai masih menggunakan pasir pantai sebagai salah satu agregat halus pada beton dengan alasan mudah didapat (Dumyat & Manalu, 2015).



Gambar 3.1 Pasir Pantai

Pasir pantai dapat digunakan sebagai campuran agregat halus dalam beton dengan mempertimbangkan beberapa sifat fisik yang penting antara lain sebagai berikut.

1. Ukuran butiran

   Pasir pantai memiliki butiran yang tidak seragam dibandingkan dengan pasir sungai atau pasir buatan. Dengan adanya variasi butiran ini dapat mempengaruhi kekuatan beton jika tidak dikelola dengan baik.

2. Kandungan lempung dan debu

   Pasir pantai cenderung mengandung lebih banyak lempung dan debu dibandingkan pasir sungai. Kandungan ini dapat mempengaruhi sifat kerja beton, seperti kekakuan, ketahanan, dan kemampuan adhesi antara pasir dengan semen.

3. Kekerasan dan bentuk butiran

   Pasir pantai memiliki butiran yang terbentuk oleh pengikisan dan erosi alami dari batuan dan kerikil di laut. Kekerasan butiran ini berbeda-beda tergantung pada sumbernya. Bentuk butiran yang lebih tajam atau lebih bulat dapat mempengaruhi sifat reologi beton.

4. Kandungan garam

   Pasir pantai mengandung garam laut yang dapat berdampak negatif terhadap beton, sebelum digunakan maka lebih baiknya pasir dicuci terlebih dahulu.

Garam dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan dalam beton, yang dapat mengurangi kekuatan dan umur pakai beton.

5. Pengujian dan pengendalian kualitas

   Penggunaan pasir pantai dalam beton memerlukan pengujian dan pengendalian kualitas yang ketat untuk memastikan bahwa sifat fisiknya memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar beton, seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan ketahanan terhadap cuaca.

Pasir pantai dapat digunakan dalam beton dalam kondisi tertentu dengan pengawasan yang ketat untuk menjamin kualitas dan kekuatan beton yang dihasilkan. Jika pasir pantai digunakan tanpa mempertimbangkan sifat fisiknya, betonnya mungkin tidak memenuhi spesifikasi standar atau kurang tahan lama.

3.4 Perencanaan Campuran Beton

Pada perencanaan campuran beton (*mix design*) adalah perhitungan teoritis yang dilakukan untuk menentukan proporsi pada setiap bahan yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beton. Dalam penelitian ini, perencanaan campuran beton menggunakan acuan standar SNI-03-2834-2000. Adapun tata cara dalam perencanaan campuran beton sesuai dengan SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar (Sd) yang ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik mutu pelaksanaan maka semakin kecil nilai deviasi standar. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat dalam Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03

Lanjutan Tabel 3.4 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
≥ 30	1,00

Sumber : SNI-03-2834-2000

Tabel 3.5 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : SNI-03-2834-2000

2. Menentukan nilai tambah (*M*) untuk kuat tekan rencana dihitung menggunakan persamaan :

$$M = 1.64 \times Sd \quad (3.14)$$

Keterangan :

M = Nilai tambah (MPa)

Sd = Deviasi standar (MPa)

3. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan berdasarkan persyaratan pada perencanaan strukturnya. Kuat tekan beton yang disyaratkan ada kemungkinan lebih rendah dari nilai itu sebesar 5 %. Untuk menentukan kuat tekan rata-rata rencana (f'cr) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$f'cr = f'c + M \quad (3.15)$$

Keterangan :

f'cr = Kuat tekan rata-rata rencana (MPa)

f'c = Kuat tekan rata-rata yang disyaratkan (MPa)

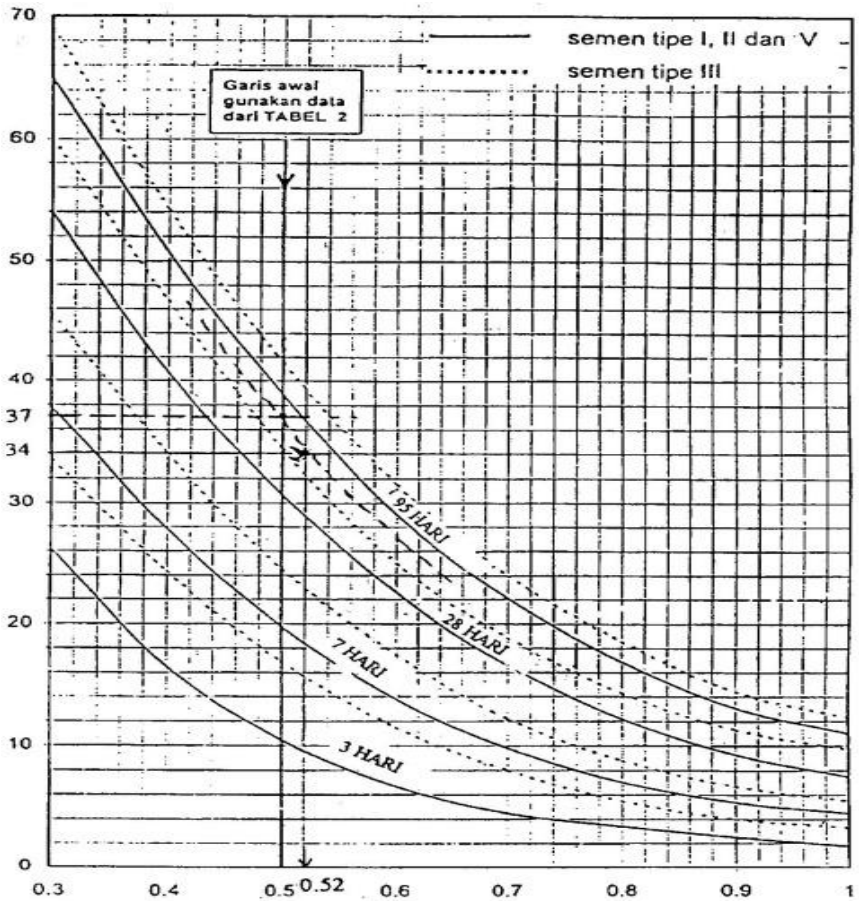
M = Nilai tambah (MPa)

4. Menentukan jenis agregat yang akan digunakan.
5. Menentukan jenis semen *Portland* yang akan digunakan.
6. Perkiraan kuat tekan beton dengan nilai faktor air semen 0,5 dapat dilihat pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen (FAS) = 0,5

Jenis Semen	**Jenis Agregat Kasar**	**Kuat Tekan Beton (MPa)**				
		Pada Umur (hari)				**Bentuk Benda Uji**
		3	**7**	**28**	**95**	
Semen *Portland*	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen *Portland*	Batu tak dipecahkan	20	28	50	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Semen *Portland* Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Grafik hubungan antara kuat desak dan faktor air semen ditunjukkan pada Gambar 3.2 halaman selanjutnya.



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

7. Melakukan pengujian *slump* yang merupakan salah satu pengujian sederhana untuk mengatahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Nilai *slump* adalah besar penurunan permukaan beton segar yang diukur (cm). Makin besar nilai *slump*, maka beton segar makin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan.
8. Menghitung besarnya butir agregat maksimum yaitu 0,2 dari jarak terkecil antar bidang disamping cetakan.
9. Mengihitung kadar air bebas agregat campuran menggunakan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \qquad (3.16)$$

Keterangan :

Wh = Perkiraan jumlah air pada agregat halus

Wk = Perkiraan jumlah air pada agregat kasar

Untuk memperkirakan kadar air bebas tiap m^3 beton dapat dilihat pada Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.7 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m^3 Beton

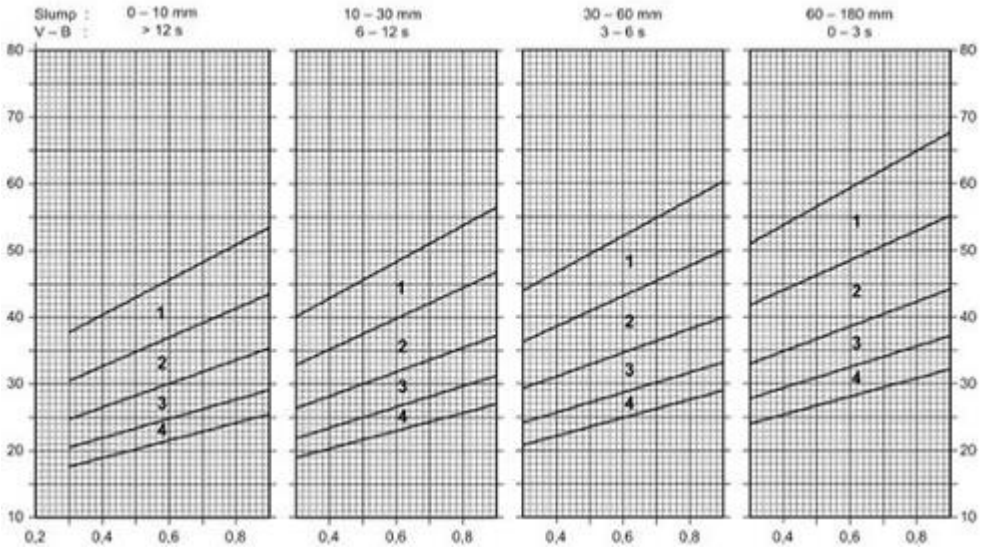
Ukuran Maksimum Agregat (mm)	**Jenis Agregat**	***Slump* (mm)**			
		0-10	**10-30**	**30-60**	**60-100**
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI-03-2834-2000

a. Menentukan jumlah kadar air yang dipakai per m^3 beton, dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

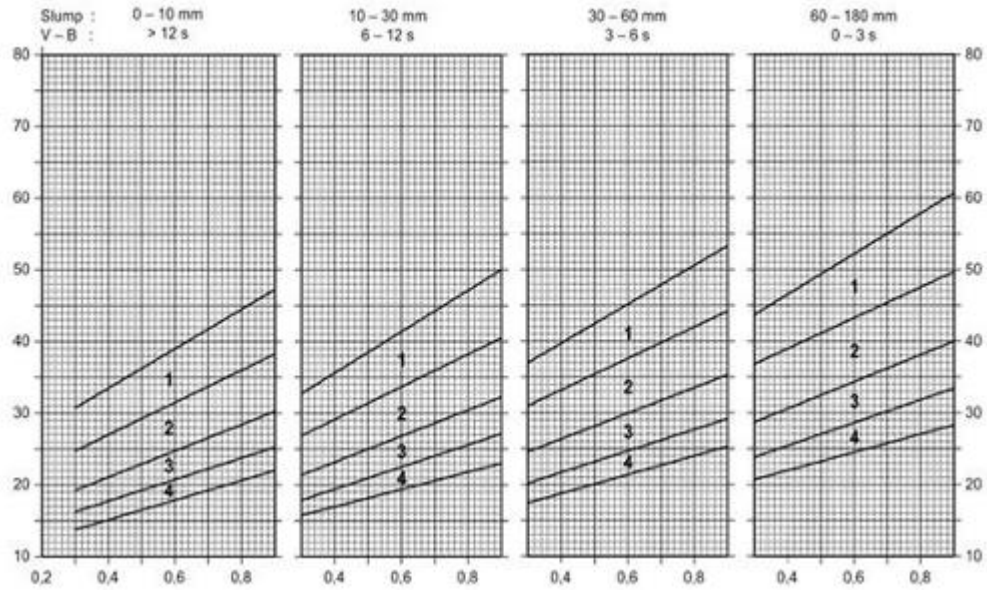
$$\text{Jumlah semen min per } m^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{FAS}} \quad (3.17)$$

b. Menentukan persentase agregat kasar dan agregat halus dengan meggunakan grafik pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 halaman selanjutnya.



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 40 mm

c. Penentuan persentase pada penggunaan agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik di atas adalah pada halaman selanjutnya.

1) Menentukan grafik yang digunakan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang direncakan,
2) Menarik garis vertikal ke atas sampai ke kurva teratas diantara dua kurva yang menunjukkan gradasi pasir,
3) Menarik garis horizontal ke arah kanan untuk kurva batas atas ataupun batas bawah yang berada di daerah gradasi, lalu mencatat hasilnya, dan
4) Mengambil nilai rata-rata dari hasil tersebut.

Menentukan persentase nilai dari agregat kasar dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Persen agregat kasar} = 100\% - \text{Persen agregat halus} \quad (3.18)$$

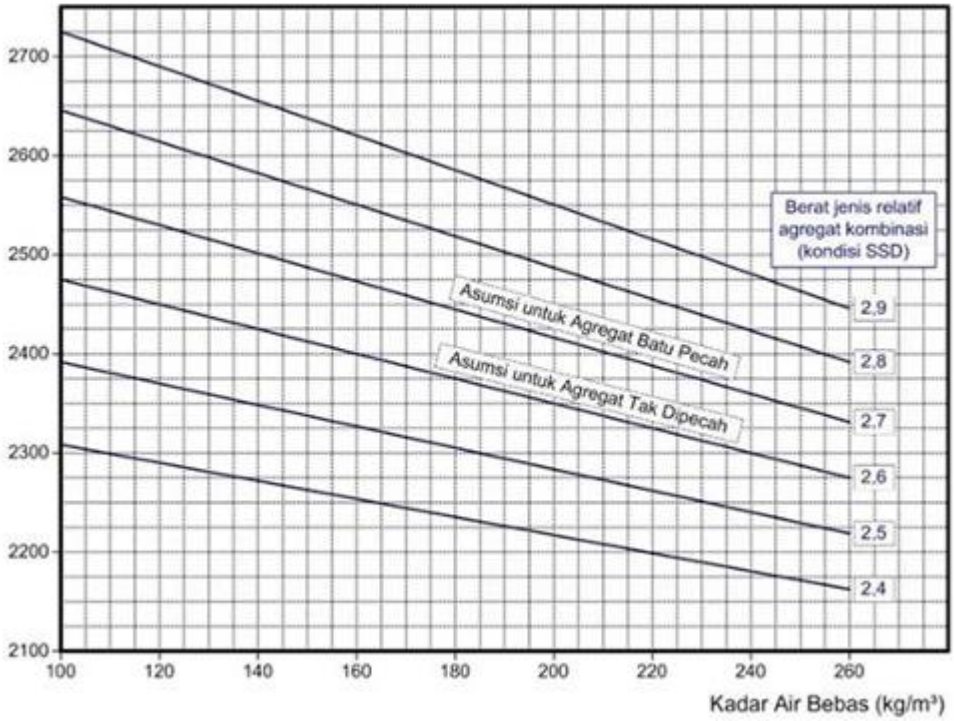
10. Menghitung berat jenis relatif agregat berdasarkan data hasil pengujian di laboratorium dengan persamaan sebagai berikut.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.19)$$

Keterangan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan
BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus
BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar
$\%AH$ = Persentase agregat halus
$\%AK$ = Persentase agregat kasar

11. Mencari nilai berat isi beton menggunakan grafik yang dapat dilihat pada gambar 3.5 halaman selanjutnya.



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 3.5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

Cara menentukan nilai berat isi beton menggunakan grafik di atas adalah sebagai berikut.

a. Tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yang sejajar dengan garis linier pada grafik.
b. Tarik garis vertical hingga garis memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan kadar air bebas. Menarik garis horizontal ke arah kiri hingga perpotongan pada kedua garis, lalu catat hasilnya.

12. Menghitung kadar agregat gabungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Kadar agregat gabungan = Berat isi beton – kadar semen – kadar air bebas (3.20)

13. Menghitung kadar agregat kasar dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\text{Persen agregat kasar}}{100} \text{ x Kadar agregat gabungan} \quad (3.21)$$

14. Menghitung kadar agregat halus dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\text{Persen agregat halus}}{100} \text{ x Kadar agregat gabungan} \qquad (3.22)$$

15. Menghitung proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD), akan didapatkan campuran proporsi yang teoritis tiap 1 m^3 volume beton.
16. Menghitung berat masing-masing bahan setiap variasi campurannya.

3.5 *Slump* Beton

Slump test beton adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa kental adukan beton yang akan digunakan. Dalam proyek konstruksi bangunan memiliki kebutuhan tertentu akan bangunan yang akan dibuat. Maka, uji *slump* adalah pilihan yang tepat untuk mengetahui kekentalan beton agar sesuai dengan kebutuhan.

Untuk mengetahui kualitas sebuah *mix design* beton, ternyata perlu dilakukan pengujian kekentalan beton itu sendiri agar mencapai kuat tekan beton yang direncanakan. Pengujian ini memiliki tujuan yang sangat penting untuk dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. *Slump test* beton adalah pengujian kekentalan beton segar agar beton yang dibuat mencapai kekuatan mutu beton dan mendapat nilai *slump* beton yang baik. Nilai *slump* yang tinggi artinya campuran beton lebih mudah mengalir sehingga membuat beton lebih mudah dikerjakan.
2. Fungsi lainnya yaitu agar beton yang dibuat di *batching plant* akan sesuai dengan rencana kerja dari sebuah bangunan yang dibangun

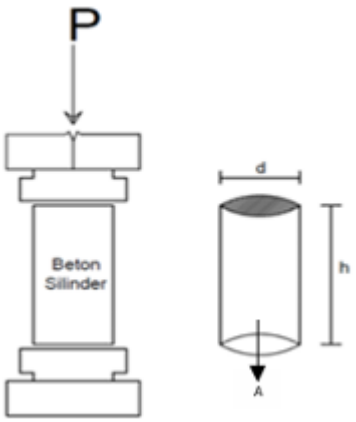
Pengujian *slump* dilakukan menggunakan Kerucut Abrams yang terbuat dari logam. Campuran beton dimasukan kedalam kerucut abrams dan pada setiap 1/3 bagian ditumbuk sebanyak 25 kali. Kerucut abrams harus dipastikan tertahan rapat pada permukaan lantai kerja dan tidak terdapat celah pada bagian bawah kerucut abrams. Apabila sudah penuh, maka kerucut abrams diangkat secara tegak dan perlahan. Campuran beton akan runtuh secara perlahan sesuai dengan kelecakan

yang dimiliki. Selisih ketinggian antara permukaan campuran beton awal dengan permukaan campuran beton setelah runtuh adalah nilai *slump*.

3.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974 1990). Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) pada saat umur beton mencapai 28 hari. Hasil massa beban maksimum akan terbaca dalam satuan ton. Benda uji diletakkan pada bidang tekan mesin secara sentris.

Mulyono (2004) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu sebuah struktur dimana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran. Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Berikut merupakan sketsa pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kekuatan beton dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{3.22}$$

Keterangan:

f'c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Gaya desak (N)

A = Luas penampang (mm^2)

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umur dan biasanya ditentukan oleh waktu beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 70% dan pada 14 hari kuat tekan mencapai 85% sampai 90% dari kuat tekan beton umur hari ke 28 (Dipohusodo,1994). Dalam melakukan perhitungan kuat tekan, perlu dicatat pengukuran dimensi dari silinder beton yang diuji. Untuk memperoleh luas alas digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Luas alas} = \frac{1}{4}\pi\, d^2 \tag{3.23}$$

3.7 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas adalah kemiringan garis singgung dari diagram tegangan – regangan dalam daerah batas elastis linier dan harganya bergantung pada jenis materialnya (Giri, Ketut dan Tutarani 2008). Pengujian ini dilakukan pada *Compression Testing Machine* (CTM) yang ditambahkan dial pada alat ekstensometer untuk mengetahui perubahan panjang (Δl) yang dicatat setiap kenaikan tekanan sebesar 20 kN. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton pada saat umur 28 hari. Dari hasil pembacaan dial pada alat ekstensometer dapat dibuat grafik tegangan – regangan yang dilanjutkan untuk perhitungan modulus elastisitas. Khusus material beton, modulus elastisitasnya ialah berubah – ubah menurut kekuatannya. Beton memperlihatkan deformasi yang tetap walaupun beban yang kecil. ASTM C 469-94 modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$Ec = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_2} \tag{3.24}$$

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas

S_2 = Tegangan pada saat 40% dari tegangan batas (MPa)

S_1 = Tegangan pada saat regangan 0,00005 (MPa)

ε_2 = Regangan longitudinal akibat tegangan sebesar S_2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \tag{3.25}$$

Keterangan :

ΔL = Deformasi longitudinal; (mm)

L_0 = Tinggi efektif pengukuran (mm)

Menurut SNI-2847-2019 Pasal 19.2.2, modulus elastisitas beton normal dengan berat jenis Wc antara 2240 sampai 2400 kg/m³ (untuk beton normal) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.26 sebagai berikut.

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'c} \tag{3.26}$$

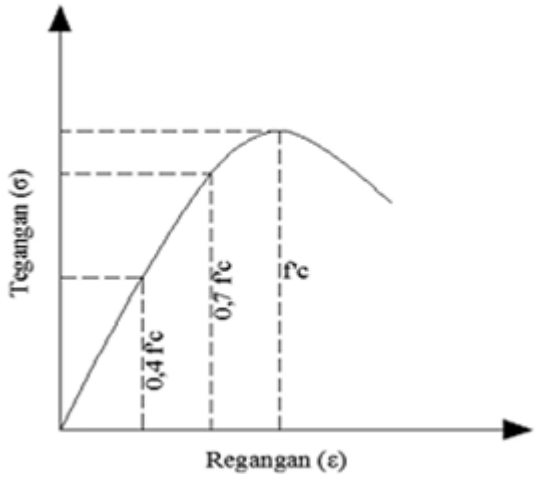
Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

f'c = Kuat tekan beton (MPa)

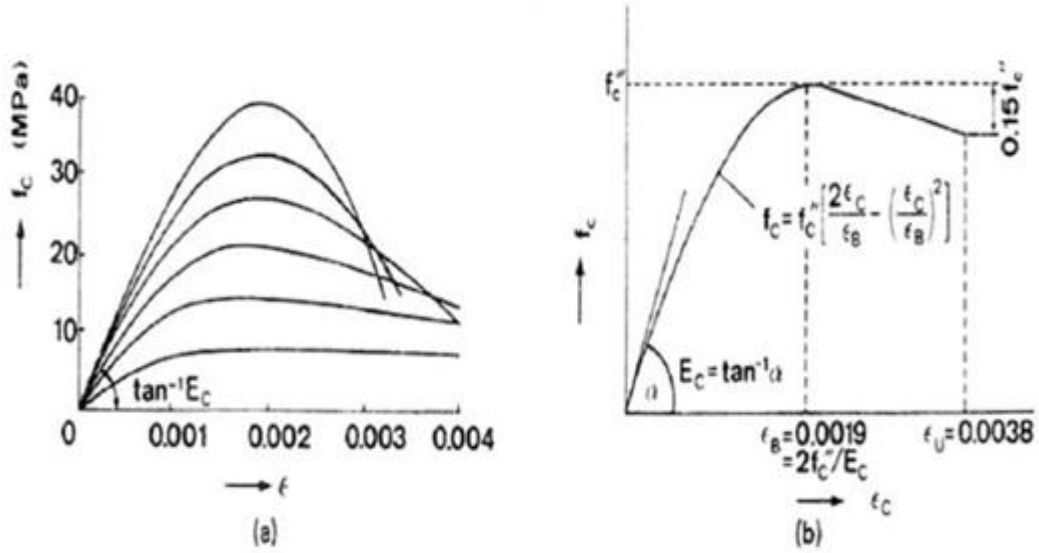
Hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan mesin uji tekan dibuat kurva tegangan – regangan, dari kurva tersebut dapat diperlihatkan modulus awal, modulus tangent dan modulus sekan. Besarnya modulus sekan berkisar 25 - 50% dari kekuatan tekan f'c di ambil sebagai modulus elastisitas.

Menurut Nawy (1990), pemahaman tentang hubungan antara tegangan dan regangan pada beton sangat penting untuk merumuskan persamaan analisis dan desain serta menyusun prosedur yang tepat pada struktur beton. Hubungan tegangan regangan dapat dilihat pada Gambar 3.7 halaman selanjutnya.

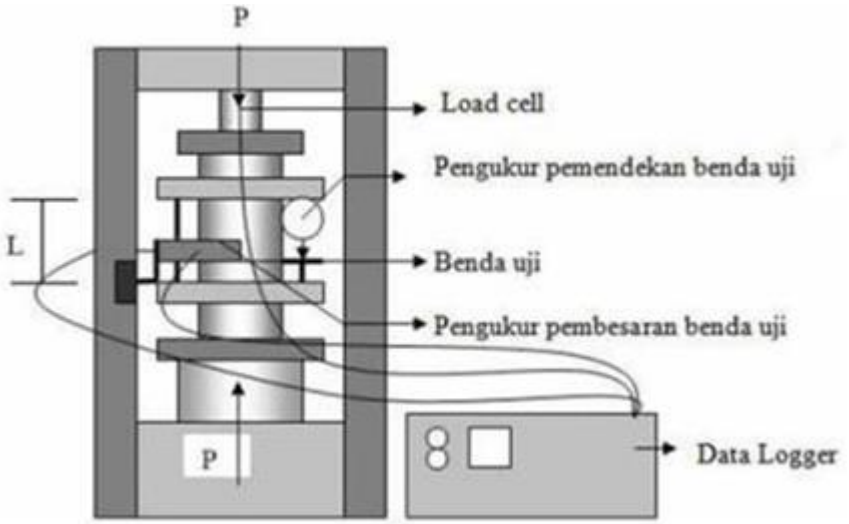


Gambar 3.7 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Beton
Sumber : Nawy (1990)

Nilai tegangan *f'c* mencapai nilai maksimum saat regangan mencapai 0,002 dan dan titik bawah untuk meniadakan pengaruh retak awal pada regangan 0,00005 dan titik atas pada saat tegangan mecapai 40% dari regangan batas Modulus elatsisitas sangat penting untuk menentukan kekuatan dan lendutan beton. Grafik hubungan tegangan – regangan dapat dilihat pada Gambar 3.8 sebagai berikut.



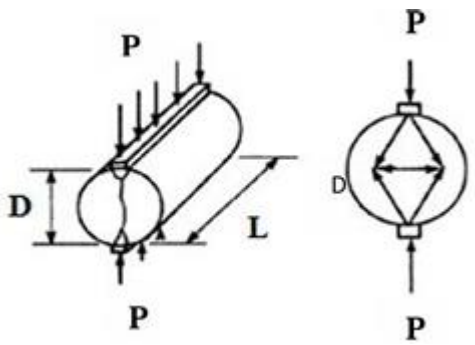
Gambar 3.8 Grafik Hubungan Tegangan – Regangan Beton



Gambar 3.9 Sketsa Pengujian Modulus Elastisitas

3.8 Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton yang digunakan dalam mendesain elemen struktur beton. Pengujian tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agrerat ringan. Nilai kuat tarik diperoleh dari pengujian tekan di laboratorium dengan cara membebani pada setiap benda uji silinder secara lateral sampai mencapai kekuatan yang maksimum. Pengujian tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) pada saat umur beton 28 hari dan posisi benda uji mendatar sejajar dengan alas. Berikut merupakan sketsa pengujian tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 3.10 sebagai berikut.



Gambar 3.10 Pengujian Tarik Belah Beto

Untuk menghitung kuat tarik belah beton dapat digunakan rumus di bawah ini.

$$fct = \frac{2P}{\pi L D} \quad (3.27)$$

Keterangan :

fct = Kuat Tarik belah beton (N/mm^2)

P = Beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

3.9 Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 1 sampai 28 hari laju penambahan kuat tekan beton akan sangat signifikan. Kemudian setelah melewati hari ke 28, penambahan kuat tekan relatif lambat. Pada pengujian ini, kekuatan tekan rencana beton dihitung dalam 28 hari.

3.10 Perawatan Beton

Perawatan beton berguna untuk mendapatkan beton dengan kualitas yang optimum. Perawatan beton yang digunakan yaitu dengan *water curing*. Perawatan beton ini bertujuan untuk menghambat penguapan air pada adukan beton. Menurut SNI 2493-2011, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut ini.

1. Penutupan setelah penyelesaian, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembaban sampai saat benda uji dilepas dari cetakan.
2. Perawatan untuk pemeriksaan proporsi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar untuk penerimaan atau pengendalian mutu sebagai berikut.
   a. Perawatan awal sesudah pencetakan pada halaman selanjutnya.

1) Benda uji harus disimpan dalam suhu antara 16ºC sampai 27ºC dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindungi dari sinar matahari langsung atau alat yang memancarkan panas.
2) Benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar.
3) Jika benda uji tidak akan diangkut selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu 24 jam kurang lebih 8 jam dan diberi perawatan standar sampai tiba waktu pengangkutan.

b. Perawatan standar sebagai berikut.
   1) Benda uji silinder sebagai berikut.
      a) Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu 23ºC kurang lebih 1,7ºC.
      b) Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20ºC sampai 30ºC.
      c) Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah suatu langkah untuk mengambil dan mengidentifikasi variabel yang berupa data atau informasi serta analisis atas data atau informasi yang telah didapatkan tersebut yang digunakan untuk mendapat jawaban dari pokok permasalahan penelitian.

Metode penelitian yang akan dilakukan oleh penulis merupakan eksperimen laboratorium dengan variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas merupakan sebuah variabel yang nilainya ditentukan untuk dapat mencapai tujuan penelitian sedangkan variabel terikat merupakan sebuah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variasi bebas. Variabel bebas pada penelitian penulis adalah agregat kasar dan air, sementara variabel terikat adalah agregat halus (pasir pantai dan pasir sungai), dan semen.

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan metode eksperimen laboratorium sebagai berikut.

1. Persipaan

   Tahap persiapan meliputi lokasi penelitian, pengadaan material, alat penelitian sesuai dengan standar yang berlaku.

2. Pembuatan benda uji silinder

   Tahap pembuatan *mix design* dan pengecekan nilai *slump* bertujuan untuk memastikan bahwa *mix design* mencapai target yang diinginkan.

3. Perawatan

   Tahap perawatan dengan proses perendaman benda uji selama 28 hari supaya benda uji mencapai kuat tekan yang optimal.

4. Pengujian

   Tahap pengambilan data dari hasil kuat tekan, modulus elastisitas dan tarik belah beton terhadap benda uji.

5. Pengolahan data

   Tahap pengolahan data dari hasil pengujian benda uji sehingga dapat menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

4.2 Lokasi dan Sampel Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan penulis di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Benda uji yang digunakan untuk penelitian ini berupa silinder dengan ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji tersebut nantinya akan di uji kuat tekan beton, modulus elastisitas, dan tarik belah beton pada umur beton 28 hari. Mutu beton yang digunakan adalah 21 MPa dengan menggunakan 6 variasi dan tiap variasi menggunakan 6 benda uji berdasarkan SNI 03-2834-2000. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 36 sampel.

4.3 Alat dan Bahan Penelitian

4.3.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian beton adalah sebagai berikut ini.

1. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk menimbang berat agregat uji yang akan digunakan agar sesuai dengan kebutuhan *mix design*.

2. Piknometer

   Piknometer digunakan untuk menguji berat jenis dan kadar lumpur pada agregat halus. piknometer yang digunakan memiliki kapasitas 500 ml.

3. Ember

   Ember digunakan untuk menakar agregat yang akan digunakan dan sebagai tempat menampung material dan sebagai peralatan pembantu yang digunakan untuk memasukan material ke dalam mesin pengaduk.

4. Ayakan *Mesh*

Ayakan *mesh* atau saringan digunakan untuk menyaring agregat sesuai ukuran ayakan untuk pengujian modulus halus butir (MHB) dan pengujian analisa lolos saringan agregat halus dan kasar.

5. Cetakan silinder

   Cetakan silinder digunakan untuk sebagai media tempat untuk membentuk beton segar sehingga terbentuk menjadi silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi silinder 30 cm.

6. Alat ukur

   Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini merupakan alat ukur dimensi yang berupa kaliper atau penggaris seperti benda uji, cetakan, dan pengukuran lain yang dipergunakan dalam kebutuhan penelitian.

7. Oven

   Oven digunakan untuk agregat kasar dan agregat halus. Digunakan untuk mengeringkan benda uji di beberapa pengujian seperti berat jenis air dan penyerapan air.

8. Kerucur abrams

   Kerucut abrams digunakan untuk pengujian slump pada beton segar yang telah di buat, sebelum beton segar tersebut dimasukan kedalam cetakan. Kerucut abrams mempunyai berdiameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm.

9. Sekop

   Sekop digunakan untuk mengambil beton segar yang telah dibuat untuk dituangkan ke dalam cetakan silinder.

10. Mesin pengujian

    Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) untuk mengetahui nilai kuat tekan, modulus elastisitas dan tarik belah beton dari benda uji yang telah dibuat.

11. *Mixer*

    Mesin pengaduk yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin pengaduk dengan mesin bertenaga listrik. Mesin ini dimiliki oleh Laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia.

4.3.2 Bahan Penelitian

Bahan bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut ini.

1. Agragat halus

   Agregat halus yang digunakan ada dua macam yaitu pasir pantai yang diambil dari pulau Nias, Sumatera Utara dan pasir sungai diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2. Agregat kasar

   Agregat kasar yang digunakan diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Agregat kasar ini termasuk dalam kategori agregat kasar kelas A (sangat baik) dengan ukuran agregat 10 mm sampai dengan 20 mm.

3. Semen *Portland*

   Semen yang digunakan untuk pembuatan beton menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merk Tiga Roda. Semen yang akan digunakan disesuaikan dengan yang ada di pulau Nias, Sumatera Utara dan dijaga kualitasnya dengan cara menyimpannya pada tempat yang teduh dan kering.

4. Air

   Air yang digunakan pada penelitian ini menggunakan dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan harus tampak jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau.

5. Bahan tambah

   Bahan tambah yang digunakan oleh penulis adalah agregat halus pasir pantai yang diambil dari pulau Nias, Sumatera Utara.

4.4 Tahap Persiapan Penelitian

Untuk melakukan penelitian agar memperoleh hasil yang baik, diperlukan adanya proses yang harus dilakukan secara bertahap. Tahapan yang harus dilakukan dengan cara pengendalian mutu agar memenuhi persyaratan penelitian.

4.4.1 Persiapan Material

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu mempersiapkan alat dan bahan. Pada persiapan bahan harus dilakukan agar dapat menyediakan bahan-bahan dengan kualitas dan mutu yang baik. Adapun persiapan yang harus dilakukan sebagai berikut.

1. Penyiapan material

   Material yang akan disiapkan antara lain agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir sungai), semen. air, dan bahan tambah yang akan digunakan yaitu agregat halus (pasir pantai). Setelah menyiapkan bahan bahan tersebut, selanjutnya mempersiapkan alat alat yang akan digunakan dalam penelitian seperti alat untuk menguji material dan alat untuk menguji sampel benda uji.

2. Pembersihan material

   Pembersihan material dilakukan secara menyeluruh. Pembersihan material bertujuan untuk menghasilkan material yang memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam produksi campuran beton. Pembersihan pada alat juga perlu dilakukan agar tidak ada kotoran yang menempel pada alat. Jika alat tidak bersih maka ada kemungkinan akan mempengaruhi kualitas produksi dan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

4.4.2 Pengujian Material

Sebelum melakukan pembuatan benda uji maka harus melakukan pengujian material terlebih dahulu seperti pengujian agregat. Adapun tahapan pengujian agregat sebagai berikut.

1. Agregat kasar

   Dalam penelitian ini, pengujian agregat kasar terdiri dari beberapa pengujian. Adapun tahapan pengujian agregat kasar sebagai berikut.

   a. Pengujian berat jenis

      Pengujian berat jenis agregat kasar berdasarkan SNI 03 1969-1990. Adapun tahapan pengujian berat jenis agregat kasar pada halaman selanjutnya.

      1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai agregat dalam keadaan berat uji tetap. Berat uji tetap merupakan

keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0,1 %, selanjutnya agregat didinginkan pada suhu ruangan, kemudian merendam dalam air selama (24 ± 4) jam.

2) Mengeluarkan benda uji dari rendaman air, selanjutnya mengelap benda uji menggunakan kain penyerap sampai selaput air benda uji pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
3) Menimbang benda uji kering permukaan jenuh untuk mendapatkan benda uji kering permukaan jenuh.
4) Meletakan benda uji ke dalam keranjang, selanjutnya digoncangkan benda uji untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya di dalam air, kemudian ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan pada suhu standar 25ºC.
5) Setelah semua data pengujian didapatkan, sehingga hasil data pengujian tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.9 sampai Persamaan 3.12.

b. Pengujian berat isi padat

Pengujian berat volume padat berdasarkan pada SNI 03-4804-1998. Adapun tahapan pengujian berat isi pada agregat kasar sebagai berikut.

1) Dalam pengujian berat isi padat dilakukan dengan cara menggunakan benda uji dalam keadaan jenuh atau kering permukaan (*Saturated Surface Dry*).
2) Menimbang cetakan berupa silinder yang akan dijadikan dalam penelitian ini. Pada proses pengujian menggunakan cetakan silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3) Meletakan cetakan silinder pada tempat yang datar.
4) Memasukan benda uji kedalam cetakan silinder. Dalam memasukan benda uji ke dalam cetakan silinder yaitu dengan memasukan benda uji sebanyak 1/3 dari volume penuh cetakan silinder. Selanjutnya

menusuk benda uji yang telah dimasukan kedalam cetakan silinder dengan batang penusuk sebanyak 25 kali tusukan, kemudian lakukan tahap tersebut hingga cetakan silinder penuh dengan benda uji dan melakukan penimbangan cetakan silinder untuk menentukan beratnya.

5) Setelah melakukan tahapan diatas, maka berat isi padat pada agregat tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.13.

c. Pengujian analisa saringan

Pengujian analisa saringan agregat halus dan abu batu berdasarkan SNI 03 1968-1990. Adapun tahapan pengujian analisa saringan pada agregat kasar sebagai berikut.

1) Mengeringkan benda uji ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai berat tetap. Apabila ingin mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi sebaiknya melakukan pengujian minimal 2 kali.
2) Mengeluarkan benda uji dari oven yang kemudian benda uji tersebut didinginkan pada suhu ruang selama 1 sampai dengan 3 jam.
3) Dalam tahap 1 dan 2 merupakan suatu proses dalam membuat benda uji agar menjadi kering mutlak. Setelah benda uji kering oven kemudian menimbang benda uji sebanyak 5000 gram.
4) Selanjutnya melakukan penyusunan saringan dari lubang yang paling besar ditempatkan pada bagian atas dan lubang yang kecil ditempatkan ditempatkan pada bagian bawah sesuai dengan urutan lubang ayakan. Lalu memasukan benda uji kedalam ayakan, kemudian meletakan ayakan pada mesin pengguncang. Jika mesin pengguncang tidak tersedia maka pengayakan ini dilakukan dengan pengayakan manual.
5) Dalam proses penggetaran pada mesin ayakan dilakukan sekitar 10 sampai dengan 15 menit.
6) Setelah penggetaran mesin ayakan selesai, selanjutnya mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan meletakan pada masing

masing cawan. Pada proses peletakan ini tidak boleh ada yang tercecer.

7) Menimbang dan mencatat berat benda uji yang tertahan pada masing masing saringan. Pada proses pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk saringan yang berlubang besar dan kuas untuk saringan yang berlubang kecil.
8) Setelah melakukan tahapan diatas, maka hasil pengujian analisa saringan tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7.

2. Agregat halus

Dalam penelitian ini, pengujian agregat halus dilakukan dengan metode yang sama dikarenakan pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian terhadap agregat halus. adapun tahapan pengujian agregat halus sebagai berikut.

a. Pengujian berat jenis

Pengujian berat jenis berdasarkan SNI 03-1970-1990. Adapun tahapan pengujian berat jenis dan daya serap agregat halus dan abu batu sebagai berikut ini.

1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai agregat dalam keadaan berat uji tetap. Berat uji tetap merupakan keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0,1 %, selanjutnya agregat didinginkan pada suhu ruangan, kemudian merendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
2) Membuang air perendaman dengan hati – hati agar tidak ada butiran yang hilang. Selanjutnya menebarkan agregat di atas talam atau nampan, lalu keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji sampai mencapai keadaan kering permukaan jenuh.
3) Melakukan pemeriksaan keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, selanjutnya memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan

permukaannya diratakan. Benda uji telah mencapai keadaan kering permukaan jenuh apabila kerucut diangkat dan benda uji itu runtuh akan tetapi masih dalam keadaan bentuk cetakan.

4) Point 1, 2, 3 adalah proses pengecekan benda uji dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Jika telah mencapai SSD, maka memasukan benda uji sebanyak 500 gram ke dalam piknometer, lalu memasukan air suling sampai mencapai 90% ke dalam piknometer, selanjutnya memutar piknometer sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya, untuk mempercepat proses ini dapat menggunakan pompa hampa udara.
5) Merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan suhu air dengan standar suhu 25ºC.
6) Menambahkan air suling sampai mencapai tanda batas.
7) Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gr.
8) Mengeluarkan benda uji, selanjutnya mengeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai berat tetap kemudian mendinginkan benda uji dalam desikator.
9) Setelah benda uji dingin, kemudian melakukan penimbangan kembali.
10) Selanjutnya menimbang berat piknometer berisi air penuh dan mengukur suhu air dengan suhu standar 25ºC.
11) Setelah semua data pengujian didapatkan, sehingga hasil data pengujian tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.8, Persamaan 3.9, Persamaan 3.10, dan Persamaan 3.11.

b. Pengujian berat isi padat

Pengujian berat volume padat berdasarkan pada SNI 03-4804-1998. Adapun tahapan pengujian berat isi agregat halus sebagai berikut.

1) Dalam pengujian berat isi padat dilakukan dengan cara menggunakan benda uji dalam keadaan jenuh atau kering permukaan (*Saturated Surface Dry*).

2) Menimbang cetakan berupa silinder yang akan dijadikan dalam penelitian ini. Pada proses pengujian menggunakan cetakan silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3) Meletakan cetakan silinder pada tempat yang datar.
4) Memasukan benda uji kedalam cetakan silinder. Dalam memasukan benda uji ke dalam cetakan silinder yaitu dengan memasukan benda uji sebanyak 1/3 dari volume penuh cetakan silinder. Selanjutnya menusuk benda uji yang telah dimasukan kedalam cetakan silinder dengan batang penusuk sebanyak 25 kali tusukan, kemudian lakukan tahap tersebut hingga cetakan silinder penuh dengan benda uji dan melakukan penimbanhan cetakan silinder untuk menentukan beratnya.
5) Setelah melakukan tahapan diatas, maka berat isi padat pada agregat tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.12.

c. Pengujian analisa saringan

Pengujian analisa saringan agregat halus dan abu batu berdasarkan SNI 03-1968-1990. Adapun tahapan pengujian analisa saringan pada agregat halus sebagai berikut.

1) Mengeringkan benda uji ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai berat tetap. Apabila ingin mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi sebaiknya melakukan pengujian minimal 2 kali.
2) Mengeluarkan benda uji dari oven yang kemudian benda uji tersebut didinginkan pada suhu ruang selama 1 sampai dengan 3 jam.
3) Dalam tahap 1 dan 2 merupakan suatu proses dalam membuat benda uji agar menjadi kering mutlak. Setelah benda uji kering oven kemudian menimbang benda uji sebanyak 5000 gram.
4) Selanjutnya melakukan penyusunan saringan dari lubang yang paling besar ditempatkan pada bagian atas dan lubang yang kecil ditempatkan ditempatkan pada bagian bawah sesuai dengan urutan lubang ayakan. Lalu memasukan benda uji kedalam ayakan, kemudian meletakan ayakan pada mesin pengguncang. Jika mesin

pengguncang tidak tersedia maka pengayakan ini dilakukan dengan pengayakan manual.

5) Dalam proses penggetaran pada mesin ayakan dilakukan sekitar 10 sampai dengan 15 menit.
6) Setelah penggetaran mesin ayakan selesai, selanjutnya mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan meletakan pada masing masing cawan. Pada proses peletakan ini tidak boleh ada yang tercecer.
7) Menimbang dan mencatat berat benda uji yang tertahan pada masing masing saringan. Pada proses pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk saringan yang berlubang besar dan kuas untuk saringan yang berlubang kecil.
8) Setelah melakukan tahapan diatas, maka hasil pengujian analisa saringan tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7.

d. Pengujian lolos saringan No. 200
e. Pengujian lolos saringan No. 200 berdasarkan SNI 03-4142-1996. Adapun tahapan pengujian analisa saringan No. 200 pada agregat halus sebagai berikut.
   1) Dalam pengujian ini dilakukan menggunakan benda uji dalam keadaan kering oven.
   2) Menimbang saringan tanpa benda uji.
   3) Menimbang benda uji dan memasukan ke dalam saringan serta mengalirkan air diatasnya.
   4) Menggerakan benda uji dalam saringan yang dialiri air tersebut. Benda uji dialiri air secukupnya agar bagian yang halus menembus saringan nomor 200 (0,075 mm) dan bagian kasar tertinggal di atas saringannya.
   5) Melakukan pengulangan pengulangan pekerjaan pada tahap 3 sampai air pencuci menjadi jernih.

6) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5)ºC. Apabila telah kering, maka melakukan penimbangan benda uji dengan ketelitian 0,1 gram.
7) Setelah melakukan tahapan diatas, maka hasil pengujian analisa saringan nomor 200 tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.8.

4.5 Tahapan Penelitian

4.5.1 Pembuatan Sampel Benda Uji

Benda uji merupakan benda yang digunakan dalam penelitian untuk diuji berdasarkan pengujian tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada proses pembuatan sampel beton harus dilakukan dengan mendesain dan menghitung terlebih dahulu komposisi campuran beton yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Menurut SNI 6468:2000, benda uji minimal yang harus disiapkan berjumlah dua buah untuk setiap umur dan kondisi uji.

Pada penelitan ini, benda uji yang digunakan berjumlah 6 buah pada setiap variasi dan pengujian benda uji dilakukan pada umur beton 28 hari. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu bahan pengganti sebagian pasir pantai sebanyak 15% dengan pasir sungai sebanyak 85%, bahan pengganti sebagian pasir pantai sebanyak 20% dengan pasir sungai sebanyak 80%, bahan pengganti sebagian pasir pantai sebanyak 25% dengan pasir sungai sebanyak 75%, bahan pengganti sebagian pasir pantai sebanyak 30% dengan pasir sungai sebanyak 70%, dan bahan pengganti sebagian pasir pantai sebanyak 35% dengan pasir sungai sebanyak 65%. Adapun jumlah benda uji yang digunakan oleh penulis pada penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 4.1 pada halaman selanjutnya.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Pengujian

No	Kode	Komposisi Kandungan Pasir Pantai (%)	Komposisi Kandungan Pasir Sungai (%)	Jumlah Benda Uji		Jumlah Benda Uji (Buah)
				Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	Tarik Belah	
1	BN	0	100	3	3	6
2	B15	15	85	3	3	6
3	B20	20	80	3	3	6
4	B25	25	75	3	3	6
5	B30	30	70	3	3	6
4	B35	35	65	3	3	6
Total Keseluruhan Benda Uji						**36**

Beton silinder yang dibuat pada penelitian ini berjumlah 36 buah dengan 6 buah silinder pada setiap variasinya. Pada pengujian kuat tekan menggunakan sebanyak 3 buah silinder beton, pengujian tarik belah menggunakan sebanyak 3 buah silinder beton, dan modulus elastisitas yaitu dengan mengambil 1 buah silinder beton pada setiap variasinya.

4.5.2 Pengujian *Workability* Campuran Beton

Pengujian *workability* pada campuran beton dilakukan pada saat sebelum campuran dimasukan ke dalam cetakan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mencari kelecakan melalui beton segar. Pengujian ini yaitu dengan memasukan campuran beton segar ke dalam kerucut abrams. Apabila kerucut diangkat secara vertikal, maka nilai *slump* dapat diketahui yaitu dengan cara mengukur tinggi kerucut abrams ketitik tertinggi beton segar.

4.5.3 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji berdasarkan SNI-2493-2011 mengenai tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Pada penelitian ini menggunakan metode perendaman benda uji dalam air setelah dikeluarkan dari cetakan silinder. Lama perawatan beton dilakukan sampai 1 hari sebelum pengujian dilakukan agar beton tersebut kering. Setelah beton berumur 28 hari maka dilakukan pengujian pada beton.

4.5.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan pada umur beton telah mencapai umur 28 hari. Jenis pengujian benda uji meliputi pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan pengujian kuat tarik belah. Adapun tahapan pelaksanaannya sebagai berikut.

1. Pengujian kuat tekan beton

   Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) pada saat umur beton mencapai 28 hari. Hasil massa beban maksimum akan terbaca dalam satuan ton. Benda uji diletakkan pada bidang tekan mesin secara sentris. Pada pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan SNI 1974-2011, adapun tahapan pengujian kuat tekan pada halaman selanjutnya.

a. Mengangkat benda uji dari perendaman dan membiarkan selama ± 24 jam,
b. Mengukur dimensi dan berat benda uji,
c. Meletakan benda uji pada landasan tekan bawah lalu memastikan penunjuk beban sudah menunjukan nol,
d. Menjalankan mesin uji tekan dengan kecepatan pembebanan 0,15 MPa/detik sampai dengan 0,35 Mpa/detik,
e. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur, dan
f. Mencatat pembebanan maksimum yang terjadi selama pengujian.

2. Pengujian tarik belah beton

Pengujian tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) pada saat umur beton 28 hari dan posisi benda uji mendatar sejajar dengan alas. Nilai kuat tarik diperoleh dari pengujian tekan di laboratorium dengan cara membebani pada setiap benda uji silinder secara lateral sampai mencapai kekuatan yang maksimum. Berdasarkan SNI 03-2491-2002, adapun tahapan pengujian kuat tarik sebagai berikut.

a. Menyiapkan alat dan benda uji,
b. Memberikan tanda pada benda uji dengan cara menarik garis tengah pada setiap ujung benda uji dengan menggunakan alat bantu yang sesuai, sehingga untuk memastikan bahwa kedua garis tersebut berada dalam bidang aksial yang sama,
c. Meletakan bantalan bantu pembebanan diatas meja tekan bagian bawah mesin uji pada bagian tengah-tengah,
d. Meletakan benda uji di atas bantalan dengan sedemikian rupa sehingga tanda garis tengah benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah bantalan bantu pembebanan tersebut,
e. Mengatur posisi pengujian sampai tercapai posisi proyeksi dari bidang ditandai oleh garis tengah pada kedua ujung benda uji tepat sejajar dengan titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji,
f. Menjalankan mesin uji dengan pemberian beban dilakukan secara konstan yang berkisar 0,7 MPa/menit sampai dengan 1,4MPa/menit hingga benda uji hancur, dan

g. Mencatat pembebanan maksimum yang terjadi selama pengujian.

3. Modulus elastisitas beton

Pengujian ini dilakukan pada *Compression Testing Machine* (CTM) yang ditambahkan dial pada alat ekstensometer untuk mengetahui perubahan panjang (Δl) yang dicatat setiap kenaikan tekanan sebesar 20 kN. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton pada saat umur 28 hari. Dari hasil pembacaan dial pada alat ekstensometer dapat dibuat grafik tegangan – regangan yang dilanjutkan untuk perhitungan modulus elastisitas. Adapun tahapan modulus elastisitas sebagai berikut.

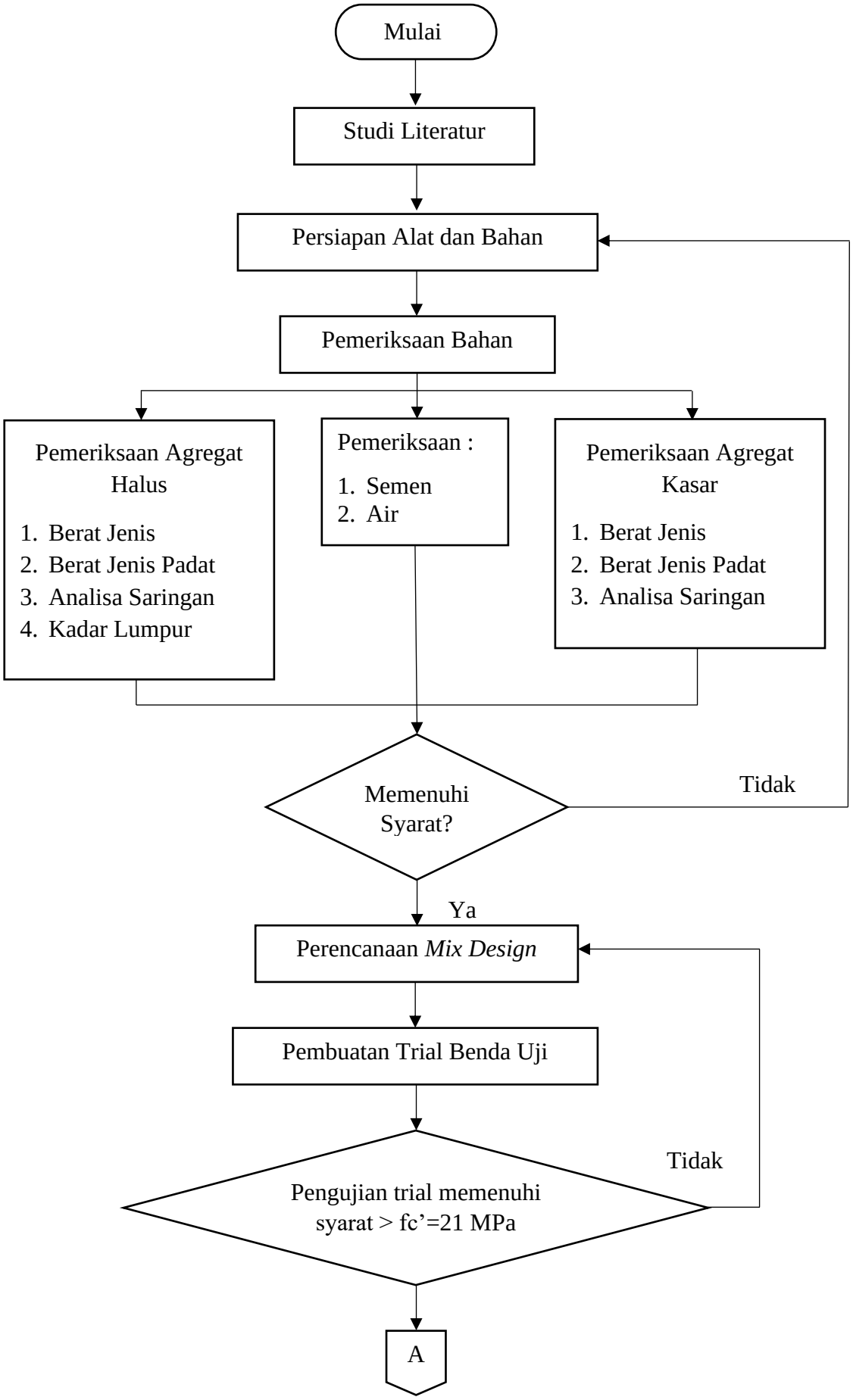
a. Menyiapkan alat dan benda uji,
b. Buatlah catatan pada benda uji, baik nomer benda uji, nilai *slump*, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian,
c. Kemudian *compressometer* dipasang pada silinder beton yang telah siap untuk diuji,
d. Jarak titik penjepit yang melekat pada beton dari *dial gauge* diukur,
e. Setelah itu, letakkan silinder beton yang telah dipasangi *compressormeter* pada mesin tekan,
f. Pembacaan pada *dial gauge* dilakukan setiap penambahan beban 10 kN,
g. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur, dan
h. Mencatat pembebanan maksimum yang terjadi selama pengujian.

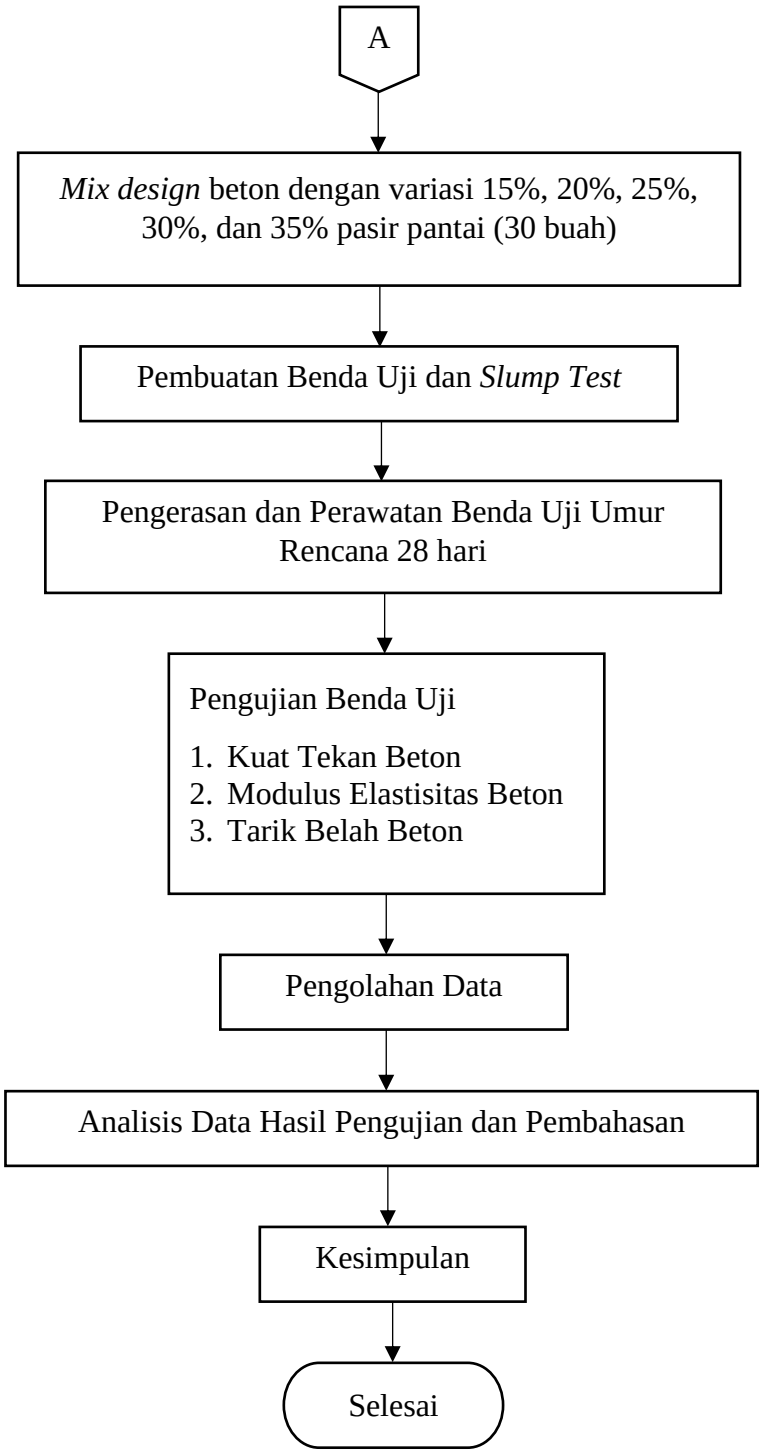
4.5.5 Analisis Pengujian Benda Uji

Analisis pengujian benda uji dilakukan dengan menggunakan data mentah yang diperoleh dari hasil pengujian yang diolah berdasarkan penamaan benda uji dan landasan teori yang digunakan untuk memperoleh hasil pengujian benda uji beton. Pada penelitian ini analisis yang dilakukan meliputi analisis sebab akibat yang berkaitan dengan pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan pengujian tarik belah sehingga hasil dari pengujian tersebut dipaparkan kedalam bentuk grafik.

4.6 Kerangka Konsep Penelitian

Adapun kerangka konsep penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 4.1 halaman selanjutnya.


Mulai
Studi Literatur
Persiapan Alat dan Bahan
Pemeriksaan Bahan
Pemeriksaan Agregat Halus
1. Berat Jenis
2. Berat Jenis Padat
3. Analisa Saringan
4. Kadar Lumpur
Pemeriksaan :
1. Semen
2. Air
Pemeriksaan Agregat Kasar
1. Berat Jenis
2. Berat Jenis Padat
3. Analisa Saringan
Memenuhi Syarat?
Tidak
Ya
Perencanaan Mix Design
Pembuatan Trial Benda Uji
Pengujian trial memenuhi syarat > fc'=21 MPa
Tidak
A



Gambar 4.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Analisi dan pembahasan dalam sebuah penelitian memiliki peran penting untuk mengungkapkan hasil, analisis, dan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini, hasil dari seluruh rangkaian penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) akan diuraikan. Penelitian dimulai dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, dilanjutkan dengan perencanaan campuran beton, pencampuran bahan-bahan penyusun beton, dan diakhiri dengan pengujian beton yang telah diproduksi. Data hasil penelitian akan dipresentasikan melalui pengolahan, analisis, dan grafik, yang menjadi dasar pembahasan tujuan penelitian ini dengan kode B15 untuk pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus variasi 15%, kode B20 untuk pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus variasi 20%, kode B25 untuk pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus variasi 25%, kode B30 untuk pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus variasi 30%, kode B35 untuk pasir pantai sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus variasi 35%, dan kode BN untuk beton normal. Dengan demikian, pembahasan ini menjadi sarana untuk menguraikan temuan dan kontribusi penelitian terhadap bidang yang diteliti.

5.2 Hasil Pengujian Propertis Bahan Penyusun Beton

Dalam pemeriksaan bahan penyusun beton, peneliti mengumpulkan data-data material, termasuk berat jenis, berat isi padat, analisa saringan, dan uji lolos saringan No.200. Bahan-bahan yang akan digunakan dalam pencampuran beton harus memenuhi spesifikasi tertentu, sehingga pemeriksaan terhadap bahan penyusun beton menjadi langkah yang sangat penting.

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Sungai

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Progo. Agregat halus ini diuji melalui beberapa metode, termasuk pengujian berat jenis, pengujian berat volume padat, pengujian analisis saringan, dan uji lolos saringan No. 200 untuk menentukan kandungan lumpur pada pasir.

1. Hasil pengujian berat jenis agregat halus pasir sungai

   Pelaksanaan pengujian ini berdasarkan SNI 03-1970-1990. Hasil perhitungan pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

   Berat jenis mutlak $= \frac{\text{Bk}}{\text{B}+500-\text{Bt}}$

   $= \frac{486}{669+500-984}$

   $= 2{,}63$

   Berat jenis SSD $= \frac{500}{\text{B}+500-\text{Bt}}$

   $= \frac{500}{669+500-984}$

   $= 2{,}70$

   Berat jenis semu $= \frac{\text{Bk}}{\text{B}+\text{Bk}-\text{Bt}}$

   $= \frac{487}{669+486-984}$

   $= 2{,}83$

   Penyerapan air $= \frac{500-\text{Bk}}{\text{Bk}}$

   $= \frac{500-486}{487}$

   $= 0{,}03$

   $\approx 2{,}67\ \%$

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir Sungai

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	486	488	487
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500

Lanjutan Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir Sungai

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt), gram	984	976	980
Berat piknometer berisi air (B), gram	669	662	666,5
Berat jenis mutlak BK / (B+500-Bt)	2,63	2,62	2,62
Berat jenis kering permukaan (SSD) 500 / (B+500-Bt)	2,70	2,69	2,69
Berat jenis semu Bk / (B+Bk-Bt)	2,84	2,80	2,82
Penyerapan air ((500-Bk)/Bk) x 100%	2,88	2,46	2,67

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis mutlak rata-rata adalah 2,62, dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,67%. Pengujian berat jenis pada agregat halus ini termasuk dalam kategori berat jenis agregat normal, karena berada diantara rentang 2,4 – 2,7.

2. Hasil pengujian berat isi padat

Pengujian ini berdasarkan metode SNI 03-4804-1998. Perhitungan dan hasil pengujian berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Berat isi padat $= \frac{W}{v}$

$= \frac{W2-W1}{v}$

$= \frac{19006-10591}{\frac{1}{4} x \pi x 15^2 x 30}$

$= \frac{8415}{5301,44}$

$= 1,5873$ gr/cm^3.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus Pasir Sungai

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung (W1), gram	10591	10675	10633
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	19006	19237	19121,5
Berat agregat (W), gram	8415	8562	8488,5
Volume tabung (V), cm^3	5301,44	5301,44	5301,44
Berat isi padat, gr/cm^3	1,5873	1,6150	1,6012

Hasil hasil perhitungan pengujian berat isi padat pada agregat halus didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,6012 gr/cm^3. Pada proses pengujian berat isi padat dilakukan penumbukan ketika agregat halus dimasukkan kedalam silinder sebanyak 25 kali di setiap 1/3 isi silinder yang bertujuan untuk mengurangi pori udara. Pada berat volume padat untuk beton normal disyaratkan sekitar 1,4 - 1,8, sehingga berat volume padat pada agregat halus yang dilakukan memenuhi persyaratan.

3. Hasil pengujian analisa saringan

   SNI 03-1968-1990 digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan pengujian analisis saringan agregat halus untuk menentukan modulus halus butir (MHB). Proses pengujian melibatkan penggunaan sampel agregat halus seberat 5000 gram, dengan hasil pengujian berupa berat agregat yang tertinggal pada masing-masing saringan. Saringan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi ukuran 9,5 mm (3/8”), 4,75 mm (saringan No. 4), 2,36 mm (saringan No. 8), 1,18 mm (saringan No. 16), 0,600 mm (saringan No. 30), 0,300 mm (saringan No. 50), 0,150 mm (saringan No. 100), serta pan saringan. Berikut adalah data hasil pengujian analisis saringan untuk agregat halus.

   Berikut adalah data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

   a. Analisa berat tertinggal

      Persentase berat tertinggal $= \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\sum \text{Berat Tertinggal}} \text{ x } 100\%$

Saringan ukuran 4,75 mm $= \frac{140}{5000}$ x 100%

= 2,80%

Saringan ukuran 2,36 mm $= \frac{309}{5000}$ x 100%

= 6,18%

Saringan ukuran 1,18 mm $= \frac{1109}{5000}$ x 100%

= 22,18%

Saringan ukuran 0,6 mm $= \frac{2168}{5000}$ x 100%

= 43,36%

Saringan ukuran 0,3 mm $= \frac{735}{5000}$ x 100%

= 14,70%

Saringan ukuran 0,15 mm $= \frac{444}{5000}$ x 100%

= 8,88%

Pan $= \frac{92}{5000}$ x 100%

= 1,84%

b. Analisa berat tertinggal kumulatif

Saringan ukuran 4,75 mm = 0% + 2,80%

= 2,80%

Saringan ukuran 2,36 mm = 2,80% + 6,18%

= 8,98%

Saringan ukuran 1,18 mm = 8,98% + 22,18%

= 31,16%

Saringan ukuran 0,6 mm = 31,16% + 43,36%

= 74,52%

Saringan ukuran 0,3 mm = 74,52% + 14,70%

= 89,22%

Saringan ukuran 0,15 mm = 89,22% + 8,88%

= 98,10%

Pan = 98,10% + 1,84%

= 99,94%

c. Analisa persen lolos kumulatif

Saringan ukuran 4,75 mm = 100% - 2,80%
= 97,20%

Saringan ukuran 2,36 mm = 100% - 8,98%
= 91,02%

Saringan ukuran 1,18 mm = 100% - 31,16%
= 68,84%

Saringan ukuran 0,6 mm = 100% - 74,52%
= 25,48%

Saringan ukuran 0,3 mm = 100% - 89,22%
= 10,78%

Saringan ukuran 0,15 mm = 100% - 98,10%
= 1,90%

Pan = 100% - 99,94%
= 0,06%

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Pasir Sungai

Lubang ayakan (mm)	**Berat tertinggal (gr)**	**Berat tertinggal (%)**	**Berat tertinggal kumulatif (%)**	**Persen lolos kumulatif (%)**
10	0	0	0	100
4,8	140	2,80	2,80	97,20
2,4	309	6,18	8,98	91,02
1,2	1109	22,18	31,16	68,84
0,6	2168	43,36	74,52	25,48
0,3	735	14,70	89,22	10,78
0,15	444	8,88	98,10	1,90
Pan	92	1,84	99,94	0,06
Jumlah	4997	99,94	304,78	0

Berdasarkan Tabel 5.3 halaman sebelumnya, nilai modulus halus butir dapat diperoleh sebagai berikut.

$$\text{MHB Pasir Sungai} = \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{304{,}78}{100}$$

$$= 3{,}05$$

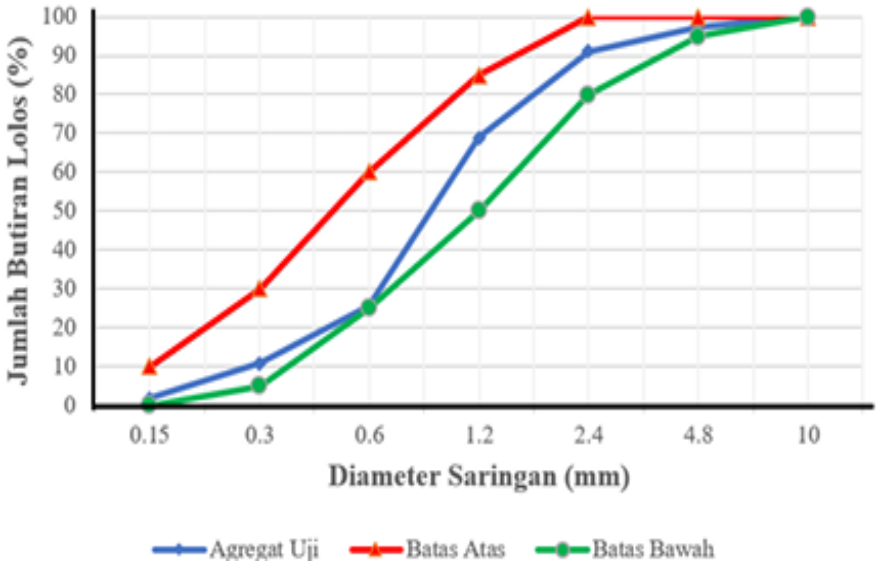
Pengujian yang dilakukan mendapatkan nilai sebesar 3,05 yang berarti agregat halus sudah memenuhi persyaratan. Menurut Tjokrodimuljo (2007), umumnya modulus halus butir pada agregat halus berkisar antara 1,5 hingga 3,8. Untuk daerah gradasi halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Tabel Daerah Gradasi Agregat Halus

Gradasi Pasir				
Lubang ayakan (mm)	**Persen Butir Agregat Lolos Ayakan (%)**			
	Daerah I	**Daerah II**	**Daerah III**	**Daerah IV**
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI-03-2834-2000

Menurut SNI-2834-2000, hasil perhitungan modulus halus butir agregat halus didapatkan bahwa agregat halus pasir sungai yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori gradasi agregat agak kasar Daerah II dapat dilihat pada Gambar 5.1 halaman selanjutnya.



Gambar 5.1 Batas Gradasi Agregat Halus Pasir Sungai Daerah II

4. Hasil pengujian lolos saringan no. 200

   Prosedur pelaksanaan pengujian kadar lumpur berdasar dari SNI 03-4142-1996. Perhitungan dan hasil pengujian lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

   Kandungan lumpur $= \frac{W1-W2}{W1}$ x 100%

   $= \frac{500-491}{100}$ x 100%

   = 1,80%

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	493	489	491
Berat yang lolos ayakan no. 200	1,40	2,20	1,8

Hasil pengujian lolos saringan no. 200 didapatkan kadar lumpur rata-rata 1,8%. Menurut Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia, sebagaimana diatur dalam PUBI-1982, kandungan lumpur pada

agregat halus tidak boleh melebihi 5%. Tingginya kandungan lumpur dapat mempengaruhi adhesi antara agregat halus dan pasta semen, ini menyebabkan ruang ikatan pasta antara semen dan agregat halus diisi oleh kandungan lumpur dan mempengaruhi pada kekuatan beton yang dihasilkan. Pada pengujian lolos saringan no. 200 sudah memenuhi standar persyaratan kurang dari 5%, sehingga agregat halus dapat dianggap layak dan dapat digunakan pada campuran beton.

5.2.2 Hasil Pengujian Bahan Tambah Pasir Pantai

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Nias. Agregat halus ini diuji melalui beberapa metode, termasuk pengujian berat jenis, pengujian berat volume padat, pengujian analisis saringan, dan uji lolos saringan No. 200 untuk menentukan kandungan lumpur pada pasir.

1. Hasil pengujian berat jenis pasir pantai

   Pelaksanaan pengujian ini berdasarkan SNI 03-1970-1990. Hasil perhitungan pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.6 halaman selanjutnya.

   Berat jenis mutlak $= \frac{\text{Bk}}{\text{B}+500-\text{Bt}}$

   $= \frac{483}{686+500-975}$

   $= 2{,}29$

   Berat jenis SSD $= \frac{500}{\text{B}+500-\text{Bt}}$

   $= \frac{500}{686+500-975}$

   $= 2{,}37$

   Berat jenis semu $= \frac{\text{Bk}}{\text{B}+\text{Bk}-\text{Bt}}$

   $= \frac{483}{686+483-975}$

   $= 2{,}49$

   Penyerapan air $= \frac{500-\text{Bk}}{\text{Bk}}$

   $= \frac{500-483}{483}$

   $= 0{,}0352$

   $\approx 3{,}52\ \%$

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir Pantai

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	483	479	481
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt), gram	975	971	973
Berat piknometer berisi air (B), gram	686	684	685
Berat jenis mutlak BK / (B+500-Bt)	2,29	2,25	2,27
Berat jenis kering permukaan (SSD) 500 / (B+500-Bt)	2,37	2,35	2,36
Berat jenis semu Bk / (B+Bk-Bt)	2,49	2,49	2,49
Penyerapan air ((500-Bk)/Bk) x 100%	3,52	4,38	3,95

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis mutlak rata-rata adalah 2,27, dan penyerapan air rata-rata sebesar 3,95%.

2. Hasil pengujian berat isi padat

Pengujian ini berdasarkan metode SNI 03-4804-1998. Perhitungan dan hasil pengujian berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.7 halaman selanjutnya

Berat isi padat $= \frac{W}{v}$

$= \frac{W2-W1}{v}$

$= \frac{17255-10777}{\frac{1}{4} x\, \pi\, x\, 15^2 x\, 30}$

$= \frac{6478}{5301,44}$

$= 1,2219$ gr/cm^3.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir Pantai

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung (W1), gram	10777	10821	10799
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	17255	17382	17318,5
Berat agregat (W), gram	6478	6561	6519,5
Volume tabung (V), cm^3	5301,44	5301,44	5301,44
Berat isi padat, gr/cm^3	1,2219	1,2376	1,2298

Hasil hasil perhitungan pengujian berat isi padat pada agregat halus pasir pantai didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,2298 gr/cm^3, sedangkan pada pasir sungai didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,6012 gr/cm^3. Dapat disimpulkan bahwa pasir pantai lebih ringan daripada pasir sungai walaupun dengan volume yang sama besar.

3. Hasil pengujian analisa saringan

   SNI 03-1968-1990 digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan pengujian analisis saringan agregat halus untuk menentukan modulus halus butir (MHB). Proses pengujian melibatkan penggunaan sampel agregat halus seberat 5000 gram, dengan hasil pengujian berupa berat agregat yang tertinggal pada masing-masing saringan. Saringan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi ukuran 9,5 mm (3/8”), 4,75 mm (saringan No. 4), 2,36 mm (saringan No. 8), 1,18 mm (saringan No. 16), 0,600 mm (saringan No. 30), 0,300 mm (saringan No. 50), 0,150 mm (saringan No. 100), serta pan saringan. Berikut adalah data hasil pengujian analisis saringan untuk agregat halus.

   Berikut adalah data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

   a. Analisa berat tertinggal

      Persentase berat tertinggal $= \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\sum \text{Berat Tertinggal}}$ x 100%

      Saringan ukuran 4,75 mm $= \frac{0}{2000}$ x 100%

      $= 0\%$

Saringan ukuran 2,36 mm = $\frac{1}{2000}$ x 100%
= 0,05%

Saringan ukuran 1,18 mm = $\frac{127}{2000}$ x 100%
= 6,35%

Saringan ukuran 0,6 mm = $\frac{331}{2000}$ x 100%
= 16,55%

Saringan ukuran 0,3 mm = $\frac{852}{2000}$ x 100%
= 42,60%

Saringan ukuran 0,15 mm = $\frac{630}{2000}$ x 100%
= 31,50%

Pan = $\frac{53}{2000}$ x 100%
= 2,65%

b. Analisa berat tertinggal kumulatif

Saringan ukuran 4,75 mm = 0% + 0%
= 0%

Saringan ukuran 2,36 mm = 0% + 0,05%
= 0,05%

Saringan ukuran 1,18 mm = 0,05% + 6,35%
= 6,40%

Saringan ukuran 0,6 mm = 6,40% + 16,55%
= 22,95%

Saringan ukuran 0,3 mm = 22,95% + 42,60%
= 65,55%

Saringan ukuran 0,15 mm = 65,55% + 31,50%
= 97,05%

Pan = 97,05% + 2,65%
= 99,70%

c. Analisa persen lolos kumulatif

Saringan ukuran 4,75 mm = 100% - 0%

= 100%

Saringan ukuran 2,36 mm = 100% - 0,05%

= 99,95%

Saringan ukuran 1,18 mm = 100% - 6,40%

= 93,60%

Saringan ukuran 0,6 mm = 100% - 22,95%

= 77,05%

Saringan ukuran 0,3 mm = 100% - 65,55%

= 34,45%

Saringan ukuran 0,15 mm = 100% - 9705%

= 2,95%

Pan = 100% - 99,70 %

= 0,30%

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir Pantai

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
10	0	0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	1	0,05	0,05	99,95
1,2	127	6,35	6,40	93,60
0,6	331	16,55	22,95	77,05
0,3	852	42,60	65,55	34,45
0,15	630	31,50	97,05	2,95
Pan	53	2,65	99,70	0,30
Jumlah	1994	99,70	192	0

Berdasarkan Tabel 5.8, nilai modulus halus butir dapat diperoleh pada halaman selanjutnya.

MHB Pasir Pantai $= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$

$= \frac{389{,}95}{100}$

$= 3{,}89$

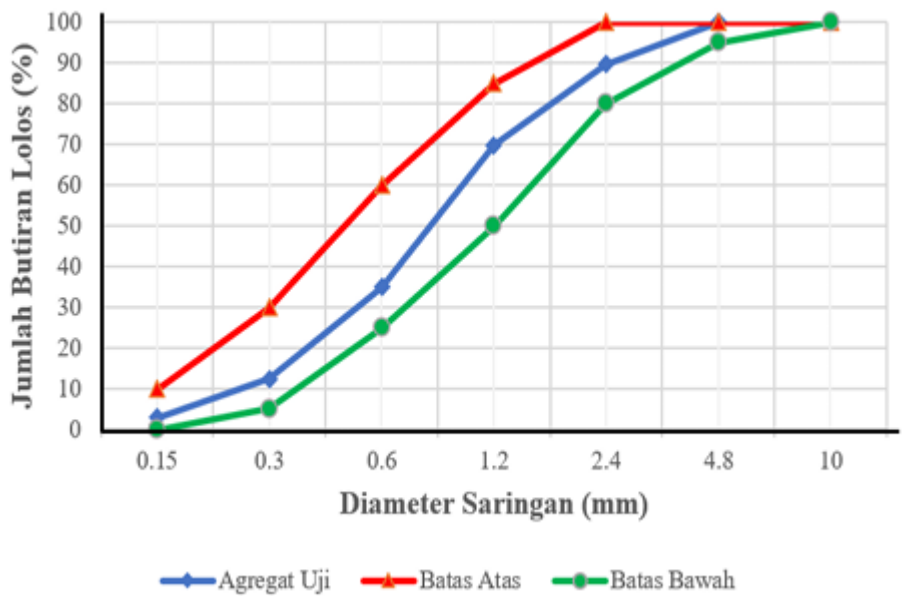
Pengujian yang dilakukan mendapatkan nilai sebesar 3,89. Untuk daerah gradasi halus dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Daerah Gradasi Agregat Halus

Gradasi Pasir				
Lubang ayakan (mm)	**Persen Butir Agregat Lolos Ayakan (%)**			
	Daerah I	**Daerah II**	**Daerah III**	**Daerah IV**
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI-03-2834-2000

Menurut SNI-2834-2000, hasil perhitungan modulus halus butir agregat halus didapatkan bahwa agregat halus pasir pantai yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori gradasi agregat halus Daerah IV dapat dilihat pada Gambar 5.2 halaman selanjutnya.



Gambar 5.2 Batas Gradasi Agregat Halus Pasir Pantai Daerah IV

4. Hasil pengujian lolos saringan no. 200

   Prosedur pelaksanaan pengujian kadar lumpur berdasar dari SNI 03-4142-1996. Perhitungan dan hasil pengujian lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

   Kandungan lumpur $= \frac{W1-W2}{W1}$ x 100%

   $= \frac{500-472,5}{100}$ x 100%

   = 5,50%

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Lolos Saringan no. 200

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	476	469	472,5
Berat yang lolos ayakan no. 200	4,80	6,20	5,50

Hasil pengujian lolos saringan no. 200 didapatkan nilai kadar lumpur rata-rata 5,5%, sedangkan pada agregat halus pasir sungai didapatkan nilai sebesar 1,8%. Dapat disimpulkan bahwa kadar lumpur pada pasir pantai lebih banyak

daripada pasir sungai. Tingginya kandungan lumpur dapat mempengaruhi adhesi antara agregat halus dan pasta semen, ini menyebabkan ruang ikatan pasta antara semen dan agregat halus diisi oleh kandungan lumpur dan mempengaruhi pada kekuatan beton yang dihasilkan.

5.2.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pada penelitian ini, agregat kasar yang digunakan diambil di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Agregat kasar tersebut diperiksa melalui beberapa pengujian, termasuk pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisis saringan, dan pengujian berat volume padat.

1. Hasil pengujian berat jenis

   Hasil dari pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.11 halaman selanjutnya.

   Berat jenis mutlak $= \frac{\text{Bk}}{\text{Bj}-\text{Ba}}$

   $= \frac{4864}{5000-3066}$

   $= 2{,}51$

   Berat jenis SSD $= \frac{\text{Bj}}{\text{Bj}-\text{Ba}}$

   $= \frac{5000}{5000-3066}$

   $= 2{,}59$

   Berat jenis semu $= \frac{\text{Bk}}{\text{Bk}-\text{Ba}}$

   $= \frac{4864}{4864-3066}$

   $= 2{,}71$

   Penyerapan air $= \frac{\text{Bj}-\text{Bk}}{\text{Bk}}$

   $= \frac{5000-4864}{4864}$

   $= 0{,}0280$

   $\approx 2{,}80\ \%$

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Kasar

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat kerikil kering mutlak (Bk), gram	4864	4884	4874
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3066	3108	3087
Berat jenis kering mutlak Bk / (Bj-Ba)	2,51	2,58	2,55
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD) Bj / (Bj-Ba)	2,59	2,64	2,61
Berat Jenis semu Bk / (Bk-Ba)	2,71	2,75	2,73
Penyerapan Air ((5000-Bk) / Bk) x 100%	2,80	2,38	2,59

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan didapatkan berat jenis kering mutlak sebesar 2,55, dan penyerapan air sebesar 2,59%. Penyerapan agregat halus lebih banyak dari agregat kasar, menunjukkan bahwa jumlah rongga yang diisi air lebih banyak dari agregat halus.

2. Hasil pengujian berat isi padat

Pengujian ini berdasarkan metode SNI 03-4804-1998. Perhitungan dan hasil pengujian berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

Berat isi padat $= \frac{W}{v}$

$= \frac{W2-W1}{v}$

$= \frac{18817-10589}{\frac{1}{4} x\, \pi\, x\, 15^2 x\, 30}$

$= \frac{8228}{5301{,}44}$

$= 1{,}5520$ gr/cm^3.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung (W1), gram	10589	10614	10601,5

Lanjutan Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	18817	18879	18848
Berat agregat (W), gram	8228	8265	8246,5
Volume tabung (V), cm^3	5301,44	5301,44	5301,44
Berat isi padat, gr/cm^3	1,5520	1,5590	1,5555

Berdasarkan analisis berat volume, didapatkan bahwa berat volume padat agregat kasar rata-rata adalah 1,5555 gr/cm^3. Berat volume agregat kasar lebih rendah daripada agregat halus karena ukuran butir kasar tertahan pada saringan 4,8 mm yang menyebabkan antar butir memiliki lebih banyak rongga kosong dibandingkan agregat halus yang lolos saringan 4,8 mm.

3. Hasil pengujian analisa saringan

Prosedur pada pengujian ini menggunakan metode SNI 03-1968-1990 untuk mencari nilai modulus butir agregat. Berikut adalah data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

a. Analisa berat tertinggal

Persentase berat tertinggal $= \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\sum \text{Berat Tertinggal}} \text{ x } 100\%$

Saringan ukuran 40 mm $= \frac{0}{5000} \text{ x } 100\%$

$= 0\%$

Saringan ukuran 20 mm $= \frac{67}{5000} \text{ x } 100\%$

$= 1{,}34\%$

Saringan ukuran 10 mm $= \frac{2937}{5000} \text{ x } 100\%$

$= 60{,}08\%$

Saringan ukuran 4,8 mm $= \frac{1883}{5000} \text{ x } 100\%$

$= 37{,}66\%$

Pan $= \frac{111}{5000} \text{ x } 100\%$

= 2,22%

b. Analisa berat tertinggal kumulatif

Saringan ukuran 40 mm	= 0% + 0%
	= 0%
Saringan ukuran 20 mm	= 1,34% + 0%
	= 1,34%
Saringan ukuran 10 mm	= 1,34% + 58,74%
	= 60,08%
Saringan ukuran 4,8 mm	= 60,08% + 37,66%
	= 97,74%
Pan	= 97,74% + 2,22%
	= 99,96%

c. Analisa persen lolos kumulatif

Saringan ukuran 40 mm	= 100% - 0%
	= 100%
Saringan ukuran 20 mm	= 100% - 1,34%
	= 98,66%
Saringan ukuran 10 mm	= 98,66% - 60,08%
	= 39,92%
Saringan ukuran 4,8 mm	= 39,92% - 37,66%
	= 2,26%
Pan	= 2,26% - 2,22 %
	= 0,04%

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.13 halaman selanjutnya.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	67	1,34	1,34	98,66
10	2937	58,74	60,08	39,92
4,8	1883	37,66	97,74	2,26
Pan	111	2,22	99,96	0,04
Jumlah	4998	99,96	259,12	0

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{259,12}{100}$$

$$= 2,59$$

Berdasarkan hasil pengujian, maka nilai modulus halus butir yang diperoleh sebesar 2,59. Untuk daerah gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

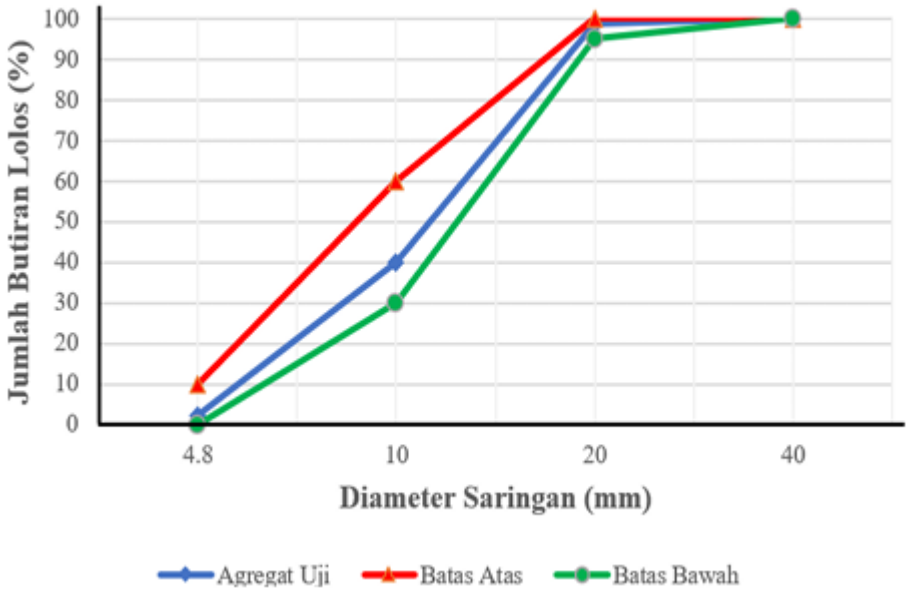
Tabel 5.14 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Agregat Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
40	95-100	100	-
20	30-70	95-100	100
10	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber : SNI-03-2834-2000

Berdasarkan Tabel 5.14 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan menggunakan ukuran 20 mm, gradasi agregat kasar merujuk pada distribusi ukuran partikel dari agregat kasar yang digunakan

dalam campuran beton. Grafik yang menggambarkan hubungan antara persentase kumulatif lolos dan persentase bahan butiran yang melewati saringan dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

5.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada perencanaan campuran beton (*mix design*) adalah perhitungan teoritis yang dilakukan untuk menentukan proporsi pada setiap bahan yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beton. Dalam penelitian ini, perencanaan campuran beton menggunakan acuan standar SNI-03-2834-2000.

5.3.1 Menentukan Data Awal Untuk *Mix Design*

Adapun tata cara dalam perencanaan campuran beton sesuai dengan SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai f'c

   Mutu beton yang digunakan pada penelitian ini sebesar 21 MPa.

2. Menentukan umur beton

   Umur beton yang digunakan adalah umur beton normal 28 hari.

3. Menentukan nilai deviasi standar (Sd) dan kuat tekan rata-rata.

Karena dalam penelitian ini tidak memiliki nilai standar deviasi (Sd), maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan fc'r harus diambil tidak kurang dari (f'c + 12 MPa), maka rumus pada halaman sebelumnya tidak digunakan, sehingga:

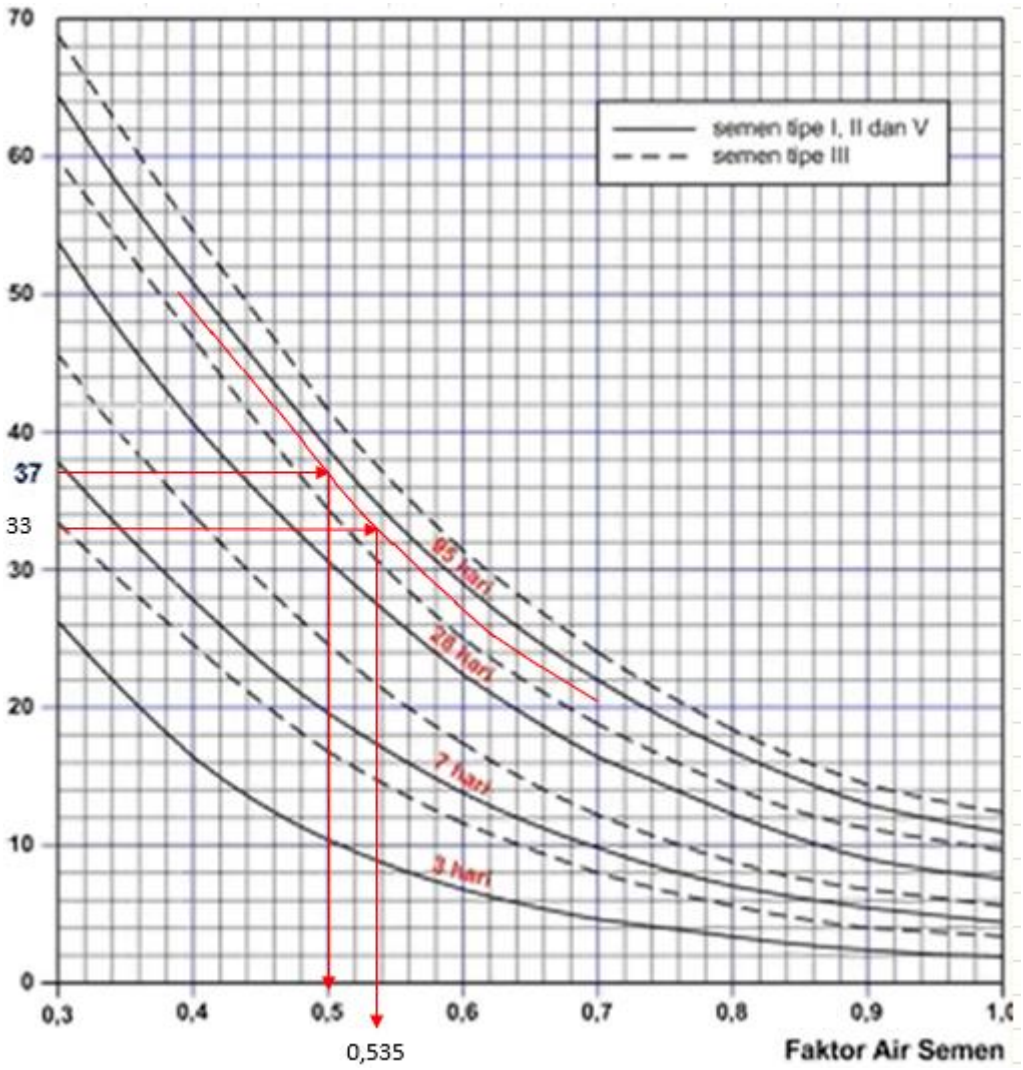
fc'r = f'c + 12 MPa
= 21 MPa + 12 MPa
= 33 MPa

4. Menentukan jenis agregat yang akan digunakan.
   Agregat halus = Alami
   Agregat kasar = Batu pecah
5. Menentukan jenis semen *Portland* yang akan digunakan.
   Jenis semen yang akan digunakan adalah semen Tipe I merk Tiga Roda.
6. Menentukan nilai faktor air semen (FAS)
   Perkiraan kuat tekan beton dengan nilai faktor air semen 0,5 dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

Tabel 5.15 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen (FAS) = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan Beton (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	95	
Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	50	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Pada Tabel 5.15, didapat kuat tekan senilai 37 MPa pada FAS yang diasumsikan sebesar 0,5. Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen ditunjukkan pada Gambar 5.4 halaman selanjutnya.



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Pada Gambar 5.4, didapatkan nilai FAS bebas sebesar 0,535.

Tabel 5.16 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m^3 Beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan: a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut		Lihat Tabel 6

Pada penelitian ini, seharusnya nilai faktor air semen maksimum yang digunakan sebesar 0,52 yaitu pada keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif dikarenakan bahan yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus yaitu pasir pantai mengandung korosif Namun pada pengujian yang telah dilakukan, nilai faktor air semen yang digunakan adalah dalam keadaan kondisi keliling non-korosif., yang dimana

nilai maksimum faktor air semen sebesar 0,60, sehingga nilai FAS yang digunakan sebesar 0,535.

7. Menentukan nilai *slump*

   Nilai *slump* yang akan digunakan adalah ukuran 60 mm – 180 mm (standar beton yang digunakan pada umumnya).

8. Menentukan ukuran agregat maksimum

   Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kelas A yaitu berukuran 20 mm.

9. Menentukan nilai kadar air bebas

   Untuk memperkirakan kadar air bebas tiap m^3 beton dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5.17 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m^3 Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	**Jenis Agregat**	***Slump* (mm)**			
		0-10	**10-30**	**30-60**	**60-180**
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI-03-2834-2000

Berdasarkan Tabel 5.17, didapatkan nilai kadar air bebas sebesar 225 kg/m^3.

10. Menentukan kadar air semen.

    Menentukan jumlah kadar air semen yang dipakai per m^3 beton, dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

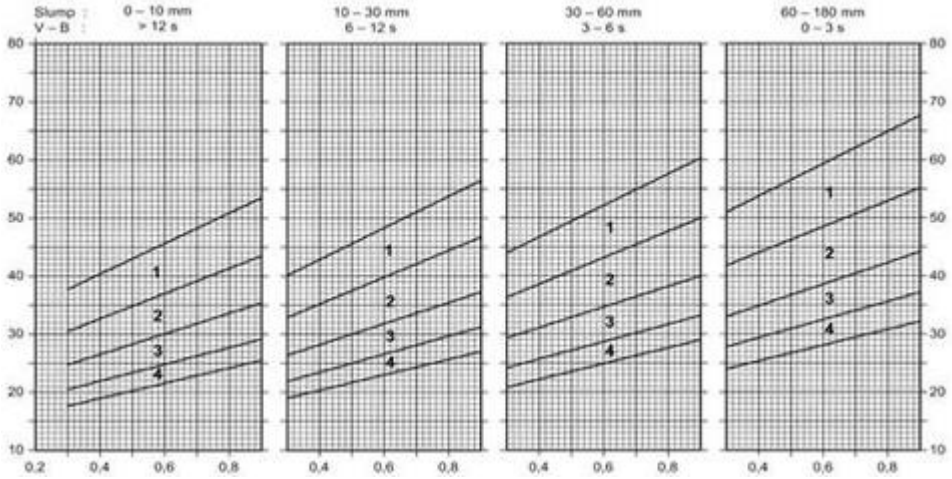
Jumlah semen min per m^3 beton $= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{FAS}}$

$= \frac{225}{0{,}535}$

$= 420{,}56$ kg/m^3

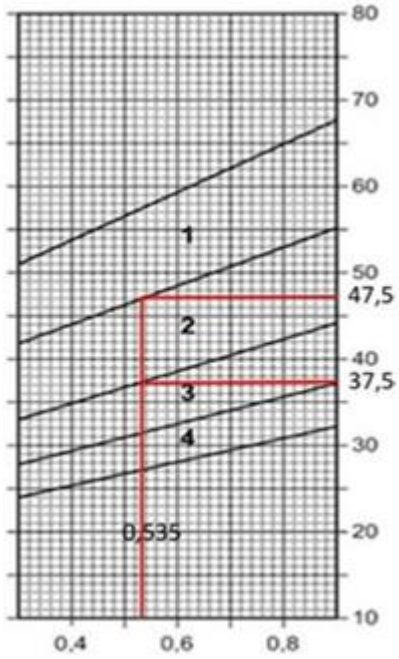
11. Menentukan susunan besar butir agregat halus

    Menentukan persentase agregat kasar dan agregat halus dengan meggunakan grafik pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 sebagai berikut.



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 5.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 5.6 Grafik *Slump* 60 mm – 180 mm

Persen agregat halus $= \frac{47,5+37,5}{2}$

$= \frac{85}{2}$

= 42,5 %

Penentuan persentase pada penggunaan agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik halaman sebelumnya adalah sebagai berikut.

1) Menentukan grafik yang digunakan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang direncakan.
2) Menarik garis vertikal ke atas sampai ke kurva teratas diantara dua kurva yang menunjukkan gradasi pasir.
3) Menarik garis horizontal ke arah kanan untuk kurva batas atas ataupun batas bawah yang berada di daerah gradasi, lalu mencatat hasilnya.
4) Mengambil nilai rata-rata dari hasil tersebut.

Menentukan persentase nilai dari agregat kasar dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

Persen agregat kasar = 100% - Persen agregat halus

= 100% - 42,5%

= 57,5%

12. Menentukan berat jenis agregat

    Didapatkan dari hasil pengujian propertis agregat yaitu :

    Berat jenis agregat halus = 2,70 (kondisi SSD)

    Berat jenis agregat kasar = 2,61 (kondisi SSD)

13. Menghitung berat jenis relatif agregat berdasarkan data hasil pengujian di laboratorium dengan persamaan sebagai berikut.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (5.1)$$

Keterangan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan

BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar

$\%AH$ = Persentase agregat halus

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

Sehingga didapat,

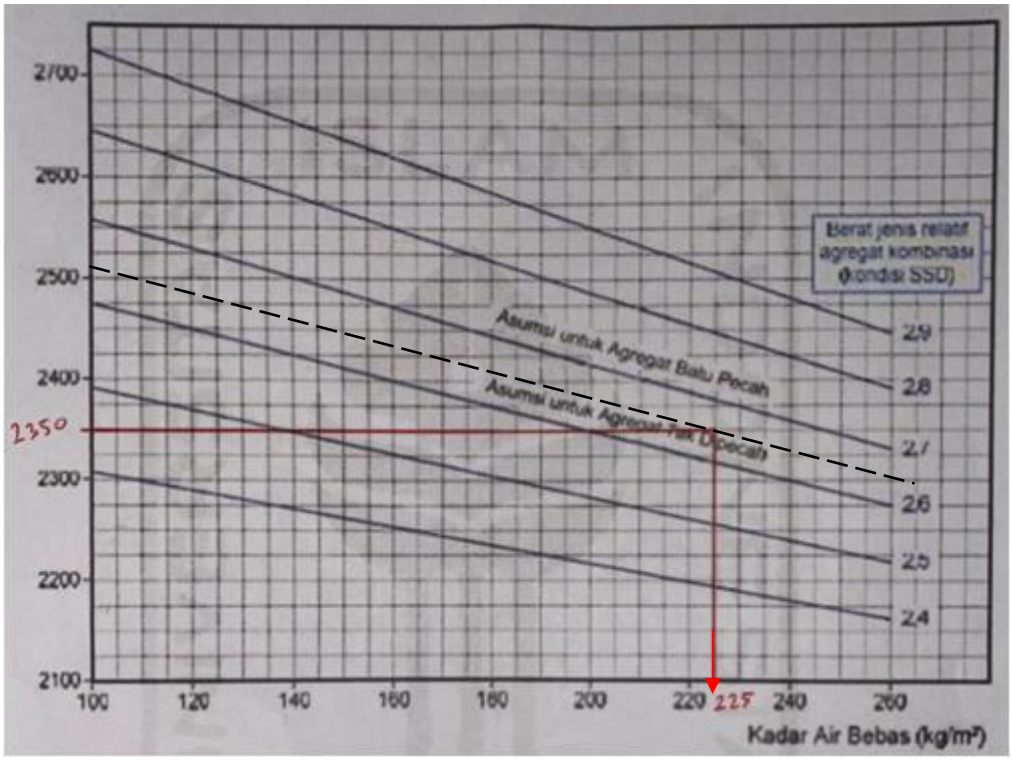
BJ_{AG} = $(\%AH \text{ x } BJ_{AH}) + (\%AK \text{ x } BJ_{AK})$

= (42,5% x 2,7) + (57,5% x 2,61)

= 2,65

14. Menentukan berat isi beton

Mencari nilai berat isi beton menggunakan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagai berikut.



Sumber : SNI-03-2834-2000

Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

Dari Gambar 5.7 didapatkan nilai berat isi beton sebesar 2350 kg/m^3.

Cara menentukan nilai berat isi beton menggunakan grafik di atas adalah sebagai berikut.

a. Tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yang sejajar dengan garis linier pada grafik.
b. Tarik garis vertikal hingga garis memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan kadar air bebas. Menarik garis horizontal kearah kiri hingga perpotongan pada kedua garis, lalu catat hasilnya.

15. Menghitung kadar agregat gabungan

Untuk menentukan kadar agregat gabungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Kadar agregat gabungan = Berat isi beton – kadar semen – kadar air bebas
= 2350 – 420,56 – 225
= 1704,44 kg/m^3

16. Menghitung kadar agregat.halus

Untuk menghitung kadar agregat halus dengan persamaan sebagai berikut.

Kadar agregat halus = $\frac{\text{Persen agregat halus}}{100}$ x Kadar agregat gabungan
= $\frac{42,5}{100}$ x 1704,44
= 724,39 kg/m^3

17. Menghitung kadar agregat kasar

Untuk menghitung kadar agregat kasar dengan persamaan sebagai berikut.

Kadar agregat kasar = $\frac{\text{Persen agregat kasar}}{100}$ x Kadar agregat gabungan
= $\frac{57,5}{100}$ x 1704,44
= 980,05 kg/m^3

Berdasarkan perhitungan di atas komposisi *mix design* beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 tiap 1 m^3 akan disajikan dalam Tabel 5.18 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.18 Perencanaan *Mix Design* tiap 1 m^3

No.	Material	Berat	Satuan
1.	Semen p*ortland*	420,56	kg
2.	Agregat Halus	724,39	kg
3.	Agregat Kasar	980,05	kg
4.	Air	225	kg

5.3.2 Variasi *Mix Design* menggunakan Bahan Penggantian Sebagian

Bahan pengganti sebagian pada pengujian ini adalah agregat halus pasir pantai yang terdiri dari 5 variasi yaitu pemakaian pasir pantai 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%. Untuk menghitung kebutuhan pasir pantai pada tiap variasinya dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

1. Variasi penggunaan pasir pantai 15%

   Pasir pantai = Berat total agregat halus x $\frac{15}{100}$

   = 724,39 x $\frac{15}{100}$

   = 108,66 kg

2. Variasi penggunaan pasir pantai 20%

   Pasir pantai = Berat total agregat halus x $\frac{20}{100}$

   = 724,39 x $\frac{20}{100}$

   = 144,88 kg

3. Variasi penggunaan pasir pantai 25%

   Pasir pantai = Berat total agregat halus x $\frac{25}{100}$

   = 724,39 x $\frac{25}{100}$

   = 181,10 kg

4. Variasi penggunaan pasir pantai 30%

   Pasir pantai = Berat total agregat halus x $\frac{30}{100}$

   = 724,39 x $\frac{30}{100}$

   = 217,32 kg

5. Variasi penggunaan pasir pantai 35%

   Pasir pantai = Berat total agregat halus x $\frac{35}{100}$

   = 724,39 x $\frac{35}{100}$

   = 253,54 kg

Dikarenakan pada pengujian ini menggunakan bahan pengganti sebagian pasir pantai, sehingga nantinya akan mengurangi berat total dari agregat halus pasir sungai pada tiap variasinya. Untuk perhitungannya dapat dilihat di bawah ini.

1. Berat agregat halus pasir sungai dengan penambahan variasi 15% pasir sungai.

   Pasir sungai = Berat total agregat halus – Berat total pasir pantai 15%

   = 724,39 - 108,66

   = 615,73 kg

2. Berat agregat halus pasir sungai dengan penambahan variasi 20% pasir sungai.

   Pasir sungai = Berat total agregat halus – Berat total pasir pantai 20%

   = 724,39 – 144,88

   = 579,51 kg

3. Berat agregat halus pasir sungai dengan penambahan variasi 25% pasir sungai.

   Pasir sungai = Berat total agregat halus – Berat total pasir pantai 25%

   = 724,39 – 181,10

   = 543,29 kg

4. Berat agregat halus pasir sungai dengan penambahan variasi 30% pasir sungai.

   Pasir sungai = Berat total agregat halus – Berat total pasir pantai 30%

   = 724,39 – 217,32

   = 507,07 kg

5. Berat agregat halus pasir sungai dengan penambahan variasi 35% pasir sungai.

   Pasir sungai = Berat total agregat halus – Berat total pasir pantai 35%

   = 724,39 – 253,54

   = 470,85 kg

Tabel 5.19 Hasil Perencanaan *Mix Design* Kebutuhan Total Material Tiap 1 m^3

Benda uji	Semen (kg)	Pasir pantai (kg)	Pasir sungai (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
BN	420,56	0	724,39	980,05	225
B15	420,56	108,66	615,73	980,05	225
B20	420,56	144,88	579,51	980,05	225
B25	420,56	181,10	543,29	980,05	225
B30	420,56	217,32	507,07	980,05	225
B35	420,56	253,54	470,85	980,05	225

Pada pengujian ini digunakan penyusutan beton sebesar 30%. Penambahan ini bertujuan agar ketika pembuatan sampel benda uji, material yang digunakan tidak mengalami kekurangan, sehingga hasil dari Tabel 5.19 seluruh materialnya ditambah sebesar 30%. Untuk menghitung kebutuhan komponen setelah mengalami penambahan 30%, diambil 1 variasi yaitu B15 sebagai contoh perhitungan yang dapat dilihat sebagai berikut.

1. Benda uji

   Pada perhitungan ini menggunakan benda uji B15

2. Menghitung kebutuhan semen

   Semen (30%) = Berat semen x $\frac{30}{100}$

   = 420,56 x $\frac{30}{100}$

   = 126,73 kg

   Total semen = Berat semen + Semen (30%)

   = 420,56 + 126,73

   = 546,73 kg

3. Menghitung kebutuhan pasir pantai

   Pasir pantai (30%) = Berat pasir pantai x $\frac{30}{100}$

   = 108,66 x $\frac{30}{100}$

= 32,60 kg

Total pasir pantai = Berat pasir pantai + Pasir pantai (30%)

= 108,66 + 32,60

= 141,26 kg

4. Menghitung kebutuhan pasir sungai

Pasir sungai (30%) = Berat pasir sungai x $\frac{30}{100}$

= 615,73 x $\frac{30}{100}$

= 184,72 kg

Total pasir sungai = Berat pasir sungai + Pasir sungai (30%)

= 615,73 + 184,72

= 800,45 kg

5. Menghitung kebutuhan kerikil

Kerikil (30%) = Berat pasir kerikil x $\frac{30}{100}$

= 980,05 x $\frac{30}{100}$

= 294,02 kg

Total kerikil = Berat kerikil + kerikil (30%)

= 980,05 + 294,02

= 1274,07 kg

6. Menghitung kebutuhan air

Air (30%) = Berat air x $\frac{30}{100}$

= 225 x $\frac{30}{100}$

= 67,50 kg

Total air = Berat air + air (30%)

= 225 + 67,50

= 292,50 kg

Tabel 5.20 Hasil Perencanaan *Mix Design* Kebutuhan Total Material dengan Penyusutan Beton 30% Tiap 1 m^3

Benda uji	Semen (kg)	Pasir pantai (kg)	Pasir sungai (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
BN	546,73	0	941,70	1274,07	292,50
B15	546,73	141,26	800,45	1274,07	292,50
B20	546,73	188,34	753,36	1274,07	292,50
B25	546,73	235,43	706,28	1274,07	292,50
B30	546,73	282,51	659,19	1274,07	292,50
B35	546,73	329,60	612,11	1274,07	292,50

Tabel 5.21 Pengkodean Sampel Pengujian

Kode Sampel	Keterangan
BN	Beton Normal
BNS1	Beton normal sampel 1
BNS2	Beton normal sampel 2
BNS3	Beton normal sampel 3
BNS4	Beton normal sampel 4
BNS5	Beton normal sampel 5
BNS6	Beton normal sampel 6
B15	Beton variasi 15%
B15S1	Beton variasi 15% sampel 1
B15S2	Beton variasi 15% sampel 2
B15S3	Beton variasi 15% sampel 3
B15S4	Beton variasi 15% sampel 4
B15S5	Beton variasi 15% sampel 5
B15S6	Beton variasi 15% sampel 6
B20	Beton variasi 20%
B20S1	Beton variasi 20% sampel 1

Lanjutan Tabel 5.21 Pengkodean Sampel Pengujian

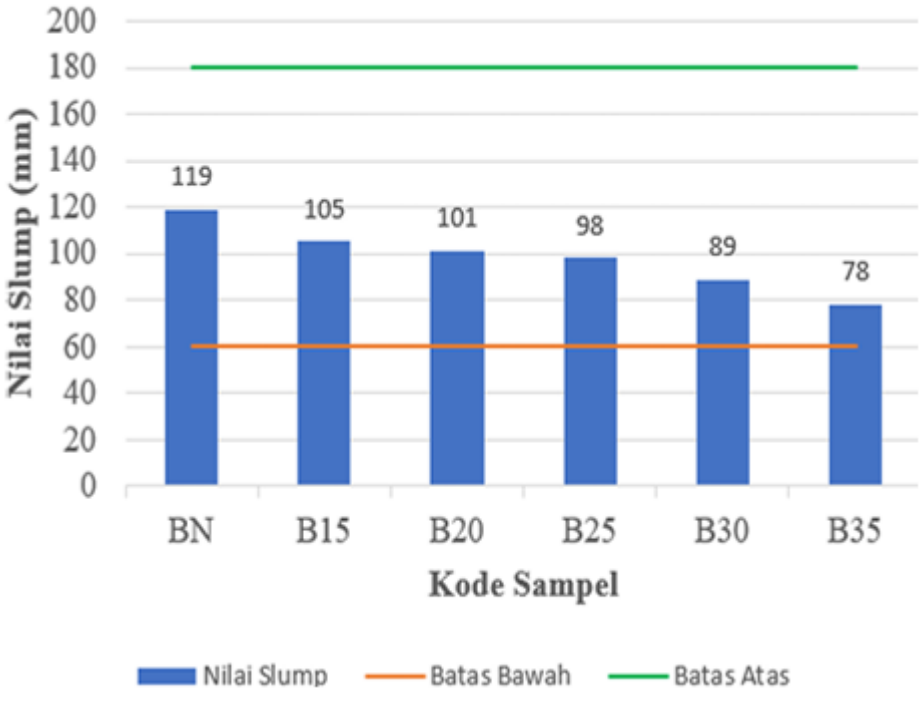
Kode Sampel	Keterangan
B20S2	Beton variasi 20% sampel 2
B20S3	Beton variasi 20% sampel 3
B20S4	Beton variasi 20% sampel 4
B20S5	Beton variasi 20% sampel 5
B20S6	Beton variasi 20% sampel 6
B25	Beton variasi 25%
B25S1	Beton variasi 25% sampel 1
B25S2	Beton variasi 25% sampel 2
B25S3	Beton variasi 25% sampel 3
B25S4	Beton variasi 25% sampel 4
B25S5	Beton variasi 25% sampel 5
B25S6	Beton variasi 25% sampel 6
B30	Beton variasi 30%
B30S1	Beton variasi 30% sampel 1
B30S2	Beton variasi 30% sampel 2
B30S3	Beton variasi 30% sampel 3
B30S4	Beton variasi 30% sampel 4
B30S5	Beton variasi 30% sampel 5
B30S6	Beton variasi 30% sampel 6
B35	Beton variasi 35%
B35S1	Beton variasi 35% sampel 1
B35S2	Beton variasi 35% sampel 2
B35S3	Beton variasi 35% sampel 3
B35S4	Beton variasi 35% sampel 4
B35S5	Beton variasi 35% sampel 5
B35S6	Beton variasi 35% sampel 6

5.4 Pengujian Nilai *Slump*

Nilai *slump* digunakan untuk menentukan tingkat *workability* dari *mix design* serta mempermudah proses pemadatan pada saat pasta beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder. Pengambilan data nilai *slump* dilakukan pada saat pencampuran material sudah merata yang dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.22 Hasil *Slump Test* Beton

No.	Kode sampel	Nilai *Slump* (mm)	*Workability*
1.	BN	119	tinggi
2.	B15	105	tinggi
3.	B20	101	tinggi
4.	B25	98	sedang-tinggi
5.	B30	89	sedang-tinggi
6.	B35	78	sedang-tinggi



Gambar 5.8 Grafik *Slump Test*

Faktor yang mempengaruhi nilai *slump* beton antara lain sebagai berikut:

1. Kandungan garam

   Pasir pantai mengandung garam, yang dapat mempengaruhi sifat kimia dari campuran beton. Kehadiran garam dapat mempengaruhi kemampuan air untuk melarutkan bahan kimia dalam semen, mengganggu hidrasi semen, dan membuat beton lebih kental atau kurang mengalir. Garam dapat meningkatkan *viskositas* (kekentalan) beton, sehingga semakin banyak digunakannya pasir pantai, maka nilai *slump* akan menurun.

2. Gradasi pasir

   Dalam SNI 03-2834-2000, gradasi pasir pantai cenderung lebih halus sehingga dapat mempengaruhi nilai *slump* beton. Bentuk butir yang lebih halus mengakibatkan sedikitnya ruang antar butir pasir, sehingga campuran beton menjadi lebih padat dan menyebabkan *slump* yang lebih kecil. Pasir yang halus dapat mengurangi fluiditas campuran beton dan menyebabkan *slump* yang lebih rendah.

Berdasarkan hasil Gambar 5.8 halaman sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa target awal *slump* yang direncanakan dalam *mix design* telah memenuhi syarat. Dalam penelitian ini, terlihat bahwa pasir pantai menyerap air yang cukup besar sehingga berpengaruh pada tekstur *slump* yang semakin kental dan berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) yang menurun, sehingga campuran akan lebih sulit dipadatkan dibandingan beton normal, karena daya resapan agregat pasir pantai lebih besar dibandingkan pasir sungai. Semakin banyak pasir pantai yang digunakan pada variasi beton, maka semakin rendah nilai *slump*-nya. Pelaksanaan pengadukan beton pada penelitian ini menggunakan mesin pengaduk (*mixer*) dengan 6 silinder dalam setiap pengadukannya.

5.5 Pemeriksaan Berat Volume Beton

Pemeriksaan berat volume beton dilakukan untuk memastikan bahwa beton yang diuji memiliki kepadatan yang sesuai. Dalam pengujian kuat tekan beton dan tarik belah beton, pemeriksaan berat volume beton dilakukan untuk memastikan bahwa beton yang diuji memiliki kepadatan dan kualitas yang

sesuai dengan standar. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum dilaksanakannya pengujian. Benda uji silinder ditimbang beratnya dan diukur dimensi untuk menghitung volume beton tersebut. Adapun perhitungan dan rekapitulasi hasil pemeriksaan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 5.23 halaman selanjutnya.

Berat Volume B15S1 $= \frac{W}{V}$

$= \frac{12{,}799}{\frac{1}{4} x\, \pi \text{ x } 0{,}1505^2 \, x \, 0{,}3017}$

$= 2384{,}722 \text{ kg/m}^3$

Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Volume Beton

Metode Perawatan	Umur (hari)	Kode	Diamater (m)	Tinggi (m)	Volume (m^3)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Rerata (kg/m^3)
Perendaman	28	BNS1	0,1503	0,3017	0,00535	12,195	2277,477	2382,362
		BNS2	0,1502	0,3007	0,00533	12,386	2325,995	
		BNS3	0,1500	0,3007	0,00531	12,191	2294,466	
		BNS4	0.1505	0.3017	0.00537	12.187	2270.945	
		BNS5	0.1503	0.3003	0.00533	12.319	2310.848	
		BNS6	0,1508	0,3003	0,00537	12,255	2283,627	
		B15S1	0,1503	0,3007	0,00534	12,799	2398,227	2367,525
		B15S2	0,1498	0,3010	0,00531	12,613	2376,540	
		B15S3	0,1505	0,3010	0,00535	12,654	2363,189	
		B15S4	0,1497	0,3003	0,00528	12,598	2384,284	
		B15S5	0,1493	0,3013	0,00528	12,605	2388,319	
		B15S6	0,1503	0,3007	0,00534	12,721	2383,612	
		B20S1	0,1503	0,3010	0,00534	12,483	2336,426	2315,997
		B20S2	0,1502	0,3013	0,00534	12,796	2397,674	
		B20S3	0,1502	0,3013	0,00534	12,566	2354,577	
		B20S4	0,1502	0,3003	0,00532	12,562	2361,665	
		B20S5	0,1500	0,3010	0,00532	12,668	2381,602	
		B20S6	0,1507	0,3017	0,00538	12,764	2373,205	

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Volume Beton

Metode Perawatan	Umur (hari)	Kode	Diamater (m)	Tinggi (m)	Volume (m^3)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Rerata (kg/m^3)
Perendaman	28	B25S1	0,1500	0,3007	0,00531	12,388	2331,543	2354,219
		B25S2	0,1503	0,3010	0,00534	12,369	2315,276	
		B25S3	0,1500	0,3017	0,00533	12,388	2323,815	
		B25S4	0,1502	0,3010	0,00533	12,332	2313,290	
		B25S5	0,1507	0,3010	0,00537	12,376	2306,161	
		B25S6	0,1503	0,3018	0,00536	12,354	2305,897	
		B30S1	0,1502	0,3007	0,00533	12,579	2362,239	2328,574
		B30S2	0,1500	0,3003	0,00531	12,493	2353,915	
		B30S3	0,1500	0,3013	0,00532	12,611	2368,263	
		B30S4	0,1505	0,3007	0,00535	12,499	2336,830	
		B30S5	0,1503	0,3013	0,00535	12,568	2349,733	
		B30S6	0,1502	0,3003	0,00532	12,523	2354,333	
		B35S1	0,1500	0,3007	0,00531	12,342	2322,886	2293,893
		B35S2	0,1500	0,3013	0,00532	12,572	2360,939	
		B35S3	0,1500	0,3003	0,00531	12,232	2304,738	
		B35S4	0,1502	0,3007	0,00533	12,495	2346,465	
		B35S5	0,1507	0,3007	0,00536	12,398	2312,821	
		B35S6	0,1505	0,3010	0,00535	12,442	2323,597	

5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan benda uji dalam menahan beban yang diberikan di atasnya. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari dengan mutu beton rencana 21 MPa.

Pengujian ini dilakukan dengan proses *capping* pada bagian permukaan atas beton agar permukaan atas beton menjadi rata sebelum dimasukkan ke dalam mesin *Compression Testing Machine* (CTM). Proses pengujian dilakukan saat beton sudah berdiri tegak di dalam mesin dan siap untuk ditekan, selanjutnya dial beban akan naik hingga batas maksimal kekuatan maksimum beton. Nilai beban maksimum saat proses pengujian adalah nilai kuat tekan beton. Gambar kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 5.9. Diambil satu sampel B21C1 sebagai contoh perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat berikut. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Lampiran L.4 dan Gambar 5.10.

Beban maksimum (P) B25S1 = 592,7 kN

$\approx$ 592700 N

Luas permukaan (A) B25S1 $= \frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } d^2$

$= \frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } 150{,}3^2$

$= 17750{,}09 \text{ mm}^2$

Kuat tekan B25S1 $= \frac{P}{A}$

$= \frac{592700}{17750{,}09}$

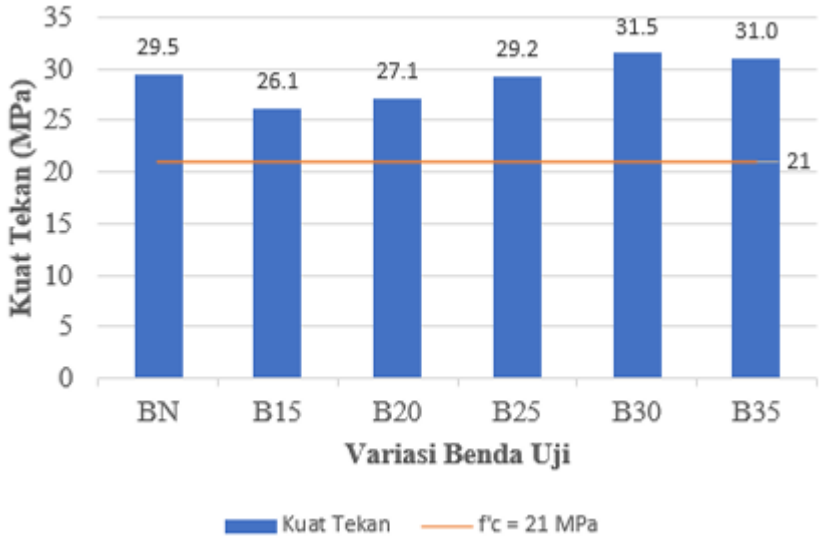
$= 33{,}5 \text{ MPa}$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, maka sampel beton B25S1 mendapatkan nilai kuat tekan beton sebesar 33,5 MPa.



Gambar 5.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Adapun hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Tabel 5.24 sebagai berikut.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Variasi Pengujian

Tabel 5.24 Kuat Tekan

Kode Pengujian	Variasi Pengujian (%)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Persentase Perubahan Terhadap Beton Kontrol (BN) (%)	
			Kenaikan	Penurunan
Beton Kontrol (BN)	0	29,5	0	0
B15	15	26,1		13,03
B20	20	27,1		8,86
B25	25	29,2		1,03
B30	30	31,5	6,78	
B35	35	31	5,08	

Berdasarkan Tabel 5.24 di atas, dapat dilihat bahwa benda uji B15 mengalami penurunan sebesar 13,03% dari beton normal dikarenakan akibat dari penggunaan bahan pengganti sebagian agregat halus. Namun semakin ditambahkan besaran penggunaan pasir pantainya, didapat nilai kuat tekan semakin membesar, hingga mencapai nilai optimum pada variasi beton B30 sebesar 31.5 MPa, meningkat sebesar 6,78% dari nilai kuat tekan beton normal. Hal ini menunjukan bahwa pasir pantai bereaksi dengan semen sebagai bahan ikat yang dapat mengisi rongga-rongga yang ada. Pada variasi B35 sebesar 31 MPa terjadi penurunan sebesar 1,61% dari nilai kuat tekan beton variasi B30, hal ini terjadi karena beton sudah melebihi dari kapasitas optimumnya untuk penggantian sebagian agregat halus dalam pembuatan beton sehingga menyebabkan kekuatan beton pada variasi B35 mengalami penurunan. Penurunan kuat tekan B30 tidak hanya karena penambahan persentase maksimumnya saja, tetapi juga karena pemadatan yang kurang maksimal. Oleh karena itu, kombinasi antara kelebihan persentase dan pemadatan yang kurang maksimal menyebabkan struktur dalam beton menjadi berongga dan ikatan antar agregat melemah, sehingga kuat tekan menurun dari 31.5 MPa (B30) menjadi 31 MPa (B35).

5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Analisis modulus elastisitas beton dilakukan untuk menilai peningkatan daktilitas beton serta perubahan bentuk spesimen uji akibat pembebanan. Daktilitas yaitu kemampuan struktur untuk mengalami deformasi tanpa kehilangan kapasitas dalam menahan beban, dianalisis dengan mengevaluasi peningkatan beban aksial setiap 10 kN selama pengujian tegangan-regangan. Perhitungan modulus elastisitas beton dilakukan berdasarkan hasil pengujian eksperimental dan perhitungan teoritis. Pengujian modulus elastisitas menggunakan mesin CTM, beton dipasang dial yang berfungsi untuk membaca perubahan setiap 10 kN hingga mencapai beban maksimum. Perhitungan analisis dilakukan menggunakan aplikasi *microsoft excel* untuk menciptakan grafik. Contoh perhitungan modulus elastisitas menggunakan benda uji dapat dilihat pada Lampiran L.5 dan gambar pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 5.11 sebagai berikut.



Gambar 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas

Berikut contoh hasil perhitungan tegangan pada sampel B25S1 dapat dilihat sebagai berikut.

1. ΔL $= \frac{\Delta L}{2}$ x 0,001

$= \frac{5}{2}$ x 0,001

= 0,003 mm

2. Tegangan (δ) $= \frac{P}{A}$

$= \frac{20000}{17671,46}$

= 1,132 MPa

3. Regangan (ε) $= \frac{\Delta L}{L_0}$

$= \frac{0,003}{200}$ x 1000

= 0,015

Kemudian dilakukan perhitungan selanjutnya dengan cara yang sama seperti di atas. Sehingga, didapatkan nilai tegangan dan regangan pada tiap penambahan beban 10 kN. Hasil perhitungan tegangan pada sampel B25S1 dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Beton

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	0	0,000	0,565	0,000	0,00000
20	20000	7	0,004	1,129	0,018	0,00002
30	30000	12	0,006	1,694	0,030	0,00003
40	40000	19	0,010	2,259	0,048	0,00005
50	50000	29	0,015	2,823	0,073	0,00007
60	60000	37	0,019	3,388	0,093	0,00009
70	70000	45	0,023	3,952	0,113	0,00011
80	80000	53	0,027	4,517	0,133	0,00013
90	90000	61	0,031	5,082	0,153	0,00015
100	100000	70	0,035	5,646	0,175	0,00018
110	110000	81	0,041	6,211	0,203	0,00020
120	120000	90	0,045	6,776	0,225	0,00023
130	130000	99	0,050	7,340	0,248	0,00025
140	140000	108	0,054	7,905	0,270	0,00027

Lanjutan Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Beton

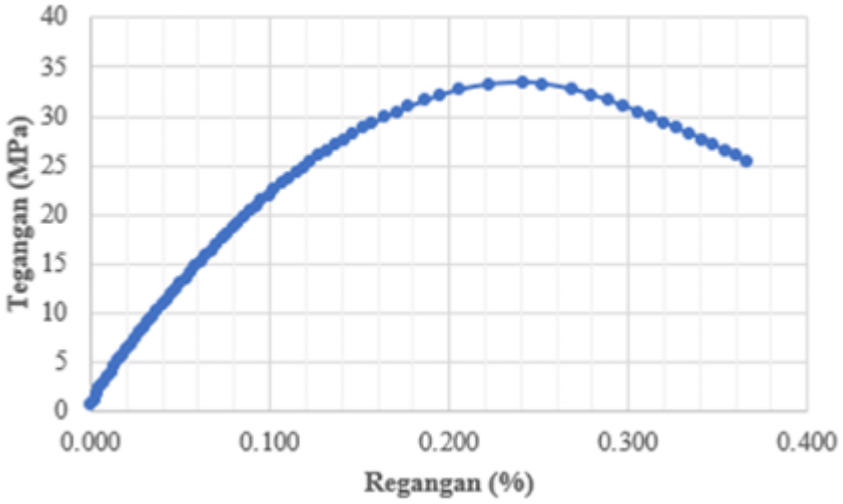
Beban (P)		**Ekstensi ometer**	**Deformasi (Δ*L*)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
150	150000	119	0,060	8,469	0,298	0,00030
160	160000	129	0,065	9,034	0,323	0,00032
170	170000	139	0,070	9,599	0,348	0,00035
180	180000	149	0,075	10,163	0,373	0,00037
190	190000	160	0,080	10,728	0,400	0,00040
200	200000	170	0,085	11,293	0,425	0,00043
210	210000	180	0,090	11,857	0,450	0,00045
220	220000	190	0,095	12,422	0,475	0,00048
230	230000	201	0,101	12,986	0,503	0,00050
240	240000	212	0,106	13,551	0,530	0,00053
250	250000	222	0,111	14,116	0,555	0,00056
260	260000	234	0,117	14,680	0,585	0,00059
270	270000	245	0,123	15,245	0,613	0,00061
280	280000	257	0,129	15,810	0,643	0,00064
290	290000	270	0,135	16,374	0,675	0,00068
300	300000	281	0,141	16,939	0,703	0,00070
310	310000	293	0,147	17,503	0,733	0,00073
320	320000	305	0,153	18,068	0,763	0,00076
330	330000	317	0,159	18,633	0,793	0,00079
340	340000	330	0,165	19,197	0,825	0,00083
350	350000	343	0,172	19,762	0,858	0,00086
360	360000	357	0,179	20,327	0,893	0,00089
370	370000	370	0,185	20,891	0,925	0,00093
380	380000	382	0,191	21,456	0,955	0,00096
390	390000	398	0,199	22,021	0,995	0,00100
400	400000	411	0,206	22,585	1,028	0,00103

Lanjutan Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Beton

Beban (P)		Ekstensi ometer	Deformasi (ΔL)	Tegangan (δ)	Regangan (ε)	Regangan (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
410	410000	426	0,213	23,150	1,065	0,00107
420	420000	441	0,221	23,714	1,103	0,00110
430	430000	459	0,230	24,279	1,148	0,00115
440	440000	475	0,238	24,844	1,188	0,00119
450	450000	492	0,246	25,408	1,230	0,00123
460	460000	508	0,254	25,973	1,270	0,00127
470	470000	528	0,264	26,538	1,320	0,00132
480	480000	545	0,273	27,102	1,363	0,00136
490	490000	565	0,283	27,667	1,413	0,00141
500	500000	584	0,292	28,231	1,460	0,00146
510	510000	607	0,304	28,796	1,518	0,00152
520	520000	630	0,315	29,361	1,575	0,00158
530	530000	655	0,328	29,925	1,638	0,00164
540	540000	683	0,342	30,490	1,708	0,00171
550	550000	711	0,356	31,055	1,778	0,00178
560	560000	745	0,373	31,619	1,863	0,00186
570	570000	780	0,390	32,184	1,950	0,00195
580	580000	823	0,412	32,748	2,058	0,00206
590	590000	892	0,446	33,313	2,230	0,00223
593	593000	965	0,483	33,482	2,413	0,00241
590	590000	1010	0,505	33,313	2,525	0,00253
580	580000	1075	0,538	32,748	2,688	0,00269
570	570000	1118	0,559	32,184	2,795	0,00280
560	560000	1155	0,578	31,619	2,888	0,00289
550	550000	1190	0,595	31,055	2,975	0,00298
540	540000	1221	0,611	30,490	3,053	0,00305

Lanjutan Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Beton

530	530000	1252	0,626	29,925	3,130	0,00313
520	520000	1281	0,641	29,361	3,203	0,00320
510	510000	1307	0,654	28,796	3,268	0,00327
500	500000	1336	0,668	28,231	3,340	0,00334
490	490000	1367	0,684	27,667	3,418	0,00342
480	480000	1389	0,695	27,102	3,473	0,00347
470	470000	1416	0,708	26,538	3,540	0,00354
460	460000	1440	0,720	25,973	3,600	0,00360
450	450000	1466	0,733	25,408	3,665	0,00367



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton

Berdasarkan Tabel 5.25 dan grafik pada Gambar 5.12, dilakukan perhitungan koreksi regangan dan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas menggunakan metode ASTM C-469-94 sebagai berikut.

S_2 = 13,551 MPa

S_1 = 2,259 MPa

ε_2 = 0,00052 (terkoreksi)

ε_1 = 0,00005

$$Ec = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_2}$$

$$= \frac{13{,}551 - 2{,}259}{0{,}00052 - 0{,}00005}$$

= 23575,016 MPa

Dengan menggunakan metode perhitungan di atas, didapatkan hasil nilai modulus elastisitas pada sampel beton B25S1 sebesar 23575,016 MPa. Rekapitulasi hasil perhitungan modulus elastisitas berdasarkan metode ASTM C-469-94 dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton Metode ASTM C-469-94

Variasi (%)	Kode	Ec (MPa)	Ec Rerata (MPa)
BN	BNS1	28726,065	24886,110
	BNS2	21239,133	
	BNS3	24693,131	
B15	B15S1	22790,602	21335,204
	B15S2	19670,477	
	B15S3	21544,531	
B20	B20S1	20178,553	23468,526
	B20S2	25068,150	
	B20S3	25158,877	
B25	B25S1	23575,016	25689,961
	B25S2	33476,302	
	B25S3	20018,564	
B30	B30S1	25140,034	26717,937
	B30S2	28294,212	
	B30S3	26719,565	
B35	B35S1	28771,464	24879,349
	B35S2	25484,215	
	B35S3	20382,368	

Selain menggunakan perhitungan ASTM C-469-94, nilai modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan metode SNI-2847-2019 dengan memperhitungkan modulus elastisitas berdasarkan berat volume dan kuat tekan maksimum. Contoh perhitungan modulus elastisitas menggunakan sampel B25S1 dapat dilihat sebagai berikut.

Berat volume = 2331,543

Kuat tekan maksimum = 33,5 MPa

SNI-2847-2019

E_c = 4700 x $\sqrt{f'c}$

= 4700 x $\sqrt{33,5}$

= 27196,106 MPa

Hasil rekapitulasi perhitungan nilai modulus elastisitas keseluruhan menggunakan metode SNI-2847-2019 dapat dilihat pada Tabel 5.27 sebagai berikut.

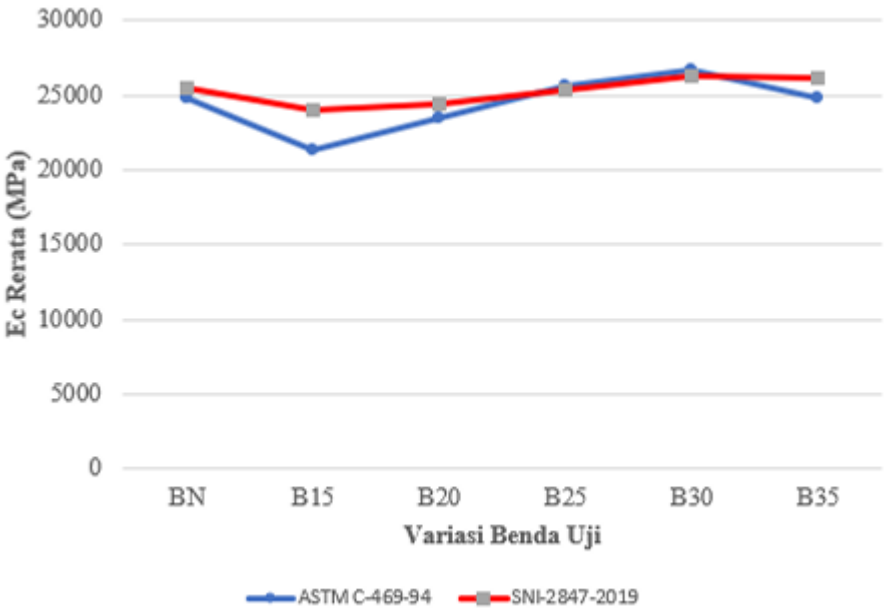
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton Metode SNI-2847-2019

Variasi (%)	Kode	Ec (MPa)	Ec Rerata (MPa)
BN	BNS1	24466,405	25512,105
	BNS2	26452,140	
	BNS3	25617,769	
B15	B15S1	25463,406	23966,534
	B15S2	21790,344	
	B15S3	24645,853	
B20	B20S1	24895,010	24468,657
	B20S2	24872,544	
	B20S3	23638,417	

Lanjutan Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton Metode SNI-2847-2019

Variasi (%)	Kode	Ec (MPa)	Ec Rerata (MPa)
B25	B25S1	27196,106	25342,480
	B25S2	22994,917	
	B25S3	25836,417	
B30	B30S1	26593,219	26368,554
	B30S2	26339,538	
	B30S3	26172,906	
B35	B35S1	24925,269	26142,602
	B35S2	26622,767	
	B35S3	26879,772	

Grafik hubungan modulus elastisitas menurut 2 perhitungan di atas dapat dilihat pada Gambar 5,13 sebagai berikut.



Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Metode Modulus Elastisitas

Jarak antara perbandingan nilai E_c rerata antara metode ASTM C-469-94 dengan metode SNI-2847-2019 dibuat dalam Tabel 5.28 sebagai berikut.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Perbandingan E_c rerata Metode ASTM C-469-94 dengan Metode SNI-2847-2019

Variasi (%)	E_c Rerata ASTM C-469-94 (MPa)	E_c Rerata SNI-2847-2019 (MPa)	Selisih E_c Rerata (MPa)	Selisih E_c Rerata (%)
BN	24886,110	25512,105	625,995	2,515
B15	21335,204	23966,534	2615,303	12,333
B20	23468,526	24468,657	1000,131	4,262
B25	25689,961	25342,480	347,481	1,353
B30	26717,937	26368,554	349,383	1,308
B35	24879,368	26142,602	1263,253	5,078

Berdasarkan grafik perbandingan metode modulus elastisitas dan hasil rekapitulasi perhitungan modulus elastisitas di atas, dapat disimpulkan bahwa,

1. Untuk metode ASTM C-469-94, modulus elastisitas yang didapatkan berdasarkan kuat tekan mencapai rerata paling tinggi pada variasi B30 sebesar 26717,937 MPa, sedangkan rerata paling rendah pada variasi B15 sebesar 21335,204 MPa. Untuk metode SNI-2847-2019, modulus elastisitas yang didapatkan berdasarkan kuat tekan mencapai rerata paling tinggi pada variasi B30 sebesar 26368,554 MPa, sedangkan rerata paling rendah pada variasi B15 sebesar 23966,534 MPa.
2. Untuk selisih perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-469-94 dengan metode SNI-2847-2019, didapatkan selisih paling tinggi berada di variasi B15 sebesar 12,333 %, sedangkan selisih paling sedikit berada di variasi B30 sebesar 1,308 %.

Modulus elastisitas dipengaruhi oleh kuat tekan dan bentuk beton, Semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin sedikit rongga dalam beton dan semakin tinggi modulus elastisitasnya. Peningkatan modulus elastisitas berbanding lurus

dengan peningkatan daktilitas dan elastisitas beton, Rekapitulasi perhitungan modulus elastisitas berdasarkan ASMT C-469-94 dan SNI-2847-2019 dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut:

Tabel 5.29 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Elastisitas

Variasi Kode (%)	Wc (kg/m^3)	f'c (MPa)	ASTM C-469-94 $E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_2}$		SNI -2847-2019 $E_c = 4700 \times \sqrt{f'c}$	
			E_c (MPa)	Rerata (MPa)	E_c (MPa)	Rerata (MPa)
BN	2277,477	27,1	28726,065	24886,110	24466,405	25512,105
	2325,995	31,7	21239,133		26452,140	
	2294,466	29,7	24693,131		25617,769	
B15	2398,227	29,4	22790,602	21335,204	25463,406	23966,534
	2376,540	21,4	19670,477		21790,344	
	2363,189	27,5	21544,531		24645,853	
B20	2336,426	28,1	20178,553	23468,526	24895,010	24468,657
	2397,674	28,0	25068,150		24872,544	
	2354,577	25,3	25158,877		23638,417	
B25	2331,543	33,5	23575,016	25689,961	27196,106	25342,480
	2315,276	23,9	33476,302		22994,917	
	2323,815	30,2	20018,564		25836,417	
B30	2362,239	32,0	25140,034	26717,937	26593,219	26368,554
	2322,886	31,4	21472,287		26339,538	
	2368,263	31,0	26719,565		26172,906	
B35	2353,915	28,1	28771,464	24879,239	24925,269	26142,602
	2360,939	32,1	21228,749		26622,767	
	2304,738	32,7	20382,368		26879,772	

5,8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Proses pengujian kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan mesin CTM dengan keadaan benda uji berbaring dan diberi bantalan pada kanan dan kiri beton agar keadaan beton tetap lurus dan tidak berubah posisi. Pada tiap variasi dilakukan pengujian menggunakan 3 sampel beton. Contoh perhitungan kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Lampiran L.6 dan Gambar 5.14. Diambil satu sampel B25S4 sebagai contoh perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat sebagai berikut.

Beban maksimum (P) B25S4 = 139 kN

≈ 139000 N

Luas selimut silinder B25S4 = π x D x L

= π x 150,7 x 300,3

= 142157,8 mm^2

Kuat tarik belah (*fct*) B25S4 = $\frac{2 \text{ x P}}{\pi \text{ x } L \text{ x } D}$

= $\frac{2 \text{ x } 139000}{142157,8}$

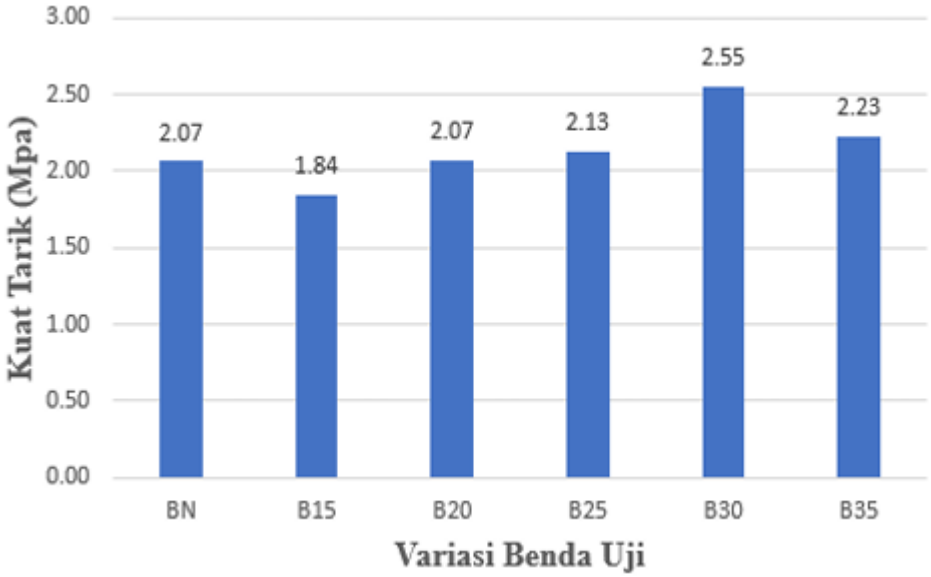
= 1,96 MPa

Berdasarkan contoh perhitungan di atas, maka sampel beton B25S4 memiliki nilai kuat tarik belah beton sebesar 1,96 MPa. Contoh kerusakan beton setelah dilakukan pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.14 sebagai berikut.



Gambar 5.14 Contoh Kerusakan Beton Akibat Uji Tarik

Adapun hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Tabel 5.30 sebagai berikut.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Variasi

Tabel 5.30 Tarik Belah

Kode Pengujian	Variasi Pengujian (%)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Rerata Tarik Belah (MPa)	Persentase Perubahan (%)
Beton Kontrol (BN)	0	29,5	2,07	7,02%
B15	15	26,1	1,84	7,05%
B20	20	27,1	2,07	7,64%
B25	25	29,2	2,13	7,29%
B30	30	31,5	2,55	8,1%
B35	35	31	2,23	7,19%

Berdasarkan Tabel 5.30 di atas, dapat dilihat bahwa benda uji variasi B15 mengalami penurunan sebesar 7,05%, dikarenakan akibat dari penggunaan pengganti sebagian agregat halus. Namun semakin ditambahkan besaran penggunaan pasir pantainya, didapat nilai kuat tekan semakin membesar, hingga

mencapai nilai optimum pada variasi beton B30 sebesar 2,55 MPa, meningkat sebesar 8,1% dari nilai kuat tekan. Hal ini menunjukan bahwa pasir pantai berperan optimal sebagai bahan pengisi rongga antar agregat dengan baik sehingga dapat memperkuat ikatan antar partikel. Pada variasi B35 sebesar 2,23 MPa terjadi penurunan sebesar 14,35% dari nilai tarik belah beton variasi B30, hal ini terjadi karena agregat kasar yang tidak terikat kuat dengan pasta semen sehingga mudah terlepas pada saat menerima beban tarik. Selain itu, letak dari agregat kasar tidak merata yang diakibatkan pemadatan yang kurang maksimal pada saat proses pembuatan beton. Oleh karena itu, dalam pengujian kuat tarik retakan lebih mudah menyebar melalui zona-zona lemah ini, sehingga kuat tarik dapat menurun secara signifikan..

Tabel 5.31 Rekapitulasi Seluruh Pengujian

Kode Sampel	***Slump Test* (mm)**	**Pengujian Kuat Tekan (MPa)**	**Pengujian Kuat Tarik Belah (MPa)**	**Modulus Elastisitas**	
				ASTM C-469-94 $E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_2}$ **(MPa)**	**SNI -2847-2019** $E_c = 4700 \times \sqrt{f'c}$ **(MPa)**
BN	119	29,5	2,07	24886,1	25512,1
B15	107	26,1	1,84	21335,2	23950,5
B20	103	27,1	2,07	23468,5	24468,7
B25	98	29,2	2,13	25690,0	25342,5
B30	92	31,5	2,55	26717,9	26368,6
B35	85	31,0	2,23	24879,3	26142,6

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Atmaja (2021) hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa pasir pantai memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang tinggi melebihi nilai kuat tekan pasir sungai. Pada penelitiannya, variasi penggunaan pasir pantai 100% dan variasi penggunaan pasir sungai 100%. Pasir pantai umur 7 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 18,34 MPa, pasir sungainya 17,92 MPa, Pasir pantai umur 14 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 22,66 MPa,

pasir sungainya 22,24 MPa. Pasir pantai umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,23 MPa, pasir sungainya 25,06 MPa. Dengan syarat agregat halus pasir pantai harus dilakukan *treatmen* yaitu dengan cara mencucinya dengan air tawar sampai agregat halus pasir pantai benar-benar bersih dan kadar garamnya berkurang.

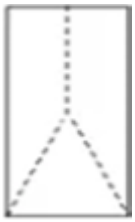
5,9 Pola Retak Beton

Menurut ASTM C39 pola retak pada beton benda uji silinder dibedakan menjadi 5 jenis pola retak sebagai berikut.

1. Pola retak kerucut (*cone*)



2. Pola retak kerucut dan terbelah (*cone and split*)



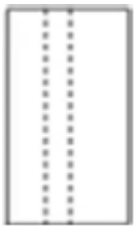
3. Pola retak kerucut dan geser (*cone and shear*)



4. Pola retak geser (*shear*)



5. Pola retak *comullar*



Tabel 5.32 Pola Retak Pada Setiap Variasi Pengujian

No	Kode Sampel	Kuat Tekan	Jenis Retakan
1	BN		Kerucut
2	B15		Geser

Lanjutan Tabel 5.32 Pola Retak Pada Setiap Variasi Pengujian

No	Kode Sampel	Kuat Tekan	Jenis Retakan
3	B20		Kerucut dan Terbelah
4	B25		Geser
4	B30		Kerucut

Lanjutan Tabel 5.32 Pola Retak Pada Setiap Variasi Pengujian

No	Kode Sampel	Kuat Tekan	Jenis Retakan
6	B35		Kerucut dan Geser

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6,1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut.

1. Nilai mutu beton pada seluruh variasi menggunakan bahan penggantian sebagian agregat halus telah memenuhi persyaratan minimal dengan mutu beton rencana sebesar 21 MPa, sehingga dapat dianggap bahwa pasir pantai memenuhi syarat minimal penggunaan agregat halus dalam campuran beton.
   a. Nilai *slump test* maksimum berada pada variasi B15 sebesar 105 mm, sedangkan nilai *slump test* minimum berada pada variasi B35 sebesar 78 mm. Semakin banyak menggunakan pasir pantai, maka nilai dari *slump* akan menurun. Penurunan nilai *slump* ini terjadi atas dua faktor yaitu, pertama dikarenakan pasir pantai mengandung garam sehingga dapat mempengaruhi nilai *slump* beton. Garam dapat meningkatkan *viskositas* (kekentalan) beton. Kedua, gradasi pasir pantai cenderung lebih kasar sehingga dapat mempengaruhi nilai *slump* beton. Pasir yang lebih kasar akan membuat nilai *slump* menurun.
   b. Nilai rerata kuat tekan beton maksimum berada pada variasi B30 sebesar 31,5 MPa, sedangkan rerata minimum berada pada kuat tekan beton variasi B15 sebesar 26,1 MPa. Nilai modulus elastisitas yang didapat berdasarkan kuat tekan rerata maksimum dengan metode perhitungan ASTM C-469-94 pada variasi B30 sebesar 26717,937 MPa, sedangkan rerata minimum berada pada variasi B15 sebesar 21335,204 MPa. Modulus elastisitas yang didapat berdasarkan kuat tekan rerata maksimum dengan metode perhitungan SNI-2847-2019 pada variasi B30 sebesar 26368,554 MPa, sedangkan rerata minimum berada pada variasi B15 sebesar 23966,534 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik beton rerata maksimum berada pada

variasi B15 sebesar 23966,534 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik beton rerata maksimum berada pada variasi B30 sebesar 2,55 MPa, dan rerata minimum berada pada variasi B15 sebesar 1,84 MPa.

2. Pada interval 5%, kadar optimum penggunaan penggantian sebagian agregat halus dengan pasir pantai adalah pada variasi B30 sebesar 31,5 MPa meningkat sebesar 10,5 MPa dari mutu beton rencana fc'=21 MPa.
3. Berdasarkan pola retakan pada setiap komposisi, pola retak kerucut adalah yang paling umum terjadi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proporsi campuran dan bebas saat pengujian terdistribusi secara merata.

6,2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh selama proses penelitian, beberapa saran berikut ini dapat dijadikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya mengenai pengaruh bahan tambah agregat halus pasir pantai terhadap kekuatan beton sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kuat tekan beton, tarik belah beton serta modulus elastisitas beton dengan metode perawatan lain yang mungkin diaplikasikan di lapangan.
2. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai kandungan kimia yang ada dalam pasir pantai.
3. Perlu dilakukan penelitian pengujian lebih lanjut yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dengan beton mutu tinggi.
4. Penelitian jangka panjang diperlukan untuk memantau perubahan kuat tekan dan daktilitas beton dengan bahan pengganti sebagian agregat pasir, Hal ini penting untuk memastikan bahwa modifikasi campuran beton tetap stabil dan efektif dalam jangka waktu yang lebih lama.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode *curing* beton selain metode perendaman, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan bahan tambah pasir pantai lebih dari variasi yang dilakukan oleh penulis, serta dapat mengvariasikan lebih spesifik nilai mutu beton pada usia 3,7,14, serta 28 hari umur beton atau lebih.

DAFTAR PUSTAKA

Atmaja, S, H., & Irwansyah, M, (2021), Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Bunga Dan Pasir Sungai, Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains (BATAS), 1(1), 9-18.

Badan Standardisasi Nasional, (1969-1990), Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional. (1970-2008). SNI 1970:2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *BSN. Jakarta*.

Badan Standardisasi Nasional. (1972-2008). SNI 1972-2008: Cara Uji Slump Beton. *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional. (1974-2011). SNI 1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *BSN. Jakarta*

Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar. BSN. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996: Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075 mm). *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional. (1998). SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional. (1998). SNI 03-4810-1998: Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan. *BSN. Jakarta.* .

Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional, (2002), Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2002), *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional, (2004), Semen Portland (SNI 03-15-2049-2004), *BSN, Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional, (2011), Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974-2011), *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2493:2011: Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. *BSN. Jakarta.*

Badan Standardisasi Nasional, (2019), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2019), *BSN, Jakarta*.

Badan Standardisasi Nasional. (2491:2014). SNI 2491:2014: Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. *BSN. Jakarta.* .

Departemen Pekerjaan Umum, 1971, Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PBI-1971), *Bandung.*

Departemen Pekerjaan Umum. (1989). SK SNI T-15-1990-03: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. *Yayasan LPMP. Bandung.*

Dipohusodo, Istimawan, (1994), Struktur Beton Bertulang, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hadi, Surya. Analisis Jenis Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil 3.2 (2020): 146-155.

Larrad, De. (1990). *A Method For Proportioning High Strength Concrete. Cement Concrete And Agregat*. Vol. 12 No,2 1990, pp.47-52

Mulyono, T, (2004), Teknologi Beton, Yogyakarta: Andi

Murdock, L,, & Brook, K, M, (1986), Bahan dan Praktik Beton, Jakarta: Erlangga.

Murdock, L, J, and Brook, K, M, (1991), Bahan dan Praktek Beton (terjemahan Stephanus Hendarko), Penerbit Erlangga, Jakarta.

Mulyati., dan Arkis, Z. 2020. Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Jurnal Teknik Sipil ITP. 7(2). 78-84.

Nawy, E.G., (1985). Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. PT. Refika Aditama. *Bandung.*

Neville, A. M., dan Brook, M. M. 1987. *Concrete Technology. 2nded*. Pearson. Essex.

Nugraha, P, dan Antony (2007). Teknologi Beton, 38-40

Rifki, M,, Prasetiowati, S, H,, Masduqi, E,, & Setyaningrum, A, (2023), Karakteristik Beton dengan Campuran Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus, Jurnal Rekayasa Lingkungan, 23(1).

Rini, R,, Hani, S,, & Laia, D, (2022), Analisis Eksperimental Penggunaan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo pada Campuran Beton, *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Sosiety*, *2*(2), 413-418.

Rumingga, R. (2022), Pengaruh Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Beton Normal. Universitas Muhammadiyah Mataram.

Tata, A, (2019), Sifat mekanis beton dengan campuran pasir pantai dan air laut, Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 3(1), 65-71.

Tjokrodimuljo, K. (1992). Teknologi Beton. Teknologi Beton. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. *Yogyakarta.*

Tjokrodimuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. *Yogyakarta.*

Tjokrodimuljo, (2007), Teknologi Beton, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, *Yogyakarta*.

Zikrillah, M.D., (2023), Analisis Pengaruh Penggunaan Air Laut, Pasir Laut, dan Serbuk Kerang Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan. Universitas Lampung. *Bandar Lampung.*

LAMPIRAN

Lampiran L.1 Laporan Hasil Pengujian Agregat Halus

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
PASIR SUNGAI
(SNI 03-1970-1990)

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	487
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	980
Berat piknometer berisi air, gram (B)	666,5
Berat Jenis Curah, ... (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,62
Berat Jenis jenuh kering muka, ...(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,69
Berat Jenis semu .....(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,82
Penyerapan Air..... (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	2,67

Keterangan:
- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS PASIR SUNGAI
(SNI 03-4804-1998)

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		**Hasil Pengamatan**
Berat Tabung (W1)	gram	10633
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	19121,5
Berat Agregat (W3)	gram	8488,5
Volume Tabung (V)	cm^3	5301,44
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	$gram/cm^3$	1,6012

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS PASIR SUNGAI
(SNI 03-1968-1990)

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Kumulatif (%)**	**Persen Lolos Kumulatif (%)**
40,00				
20,00				
10,00	0	0	0	100
4,80	140	2,80	2,80	97,20
2,40	309	6,18	8,98	91,02
1,20	1109	22,18	31,16	68,84
0,60	2168	43,36	74,52	25,48
0,30	735	14,70	89,22	10,78
0,15	444	8,88	98,10	1,90
Sisa	92	1,84	99,94	0,06
Jumlah	4997	99,94	304,78	0

Modulus Halus Butir $= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$

$= \frac{304,78}{100}$

$= 3,05$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

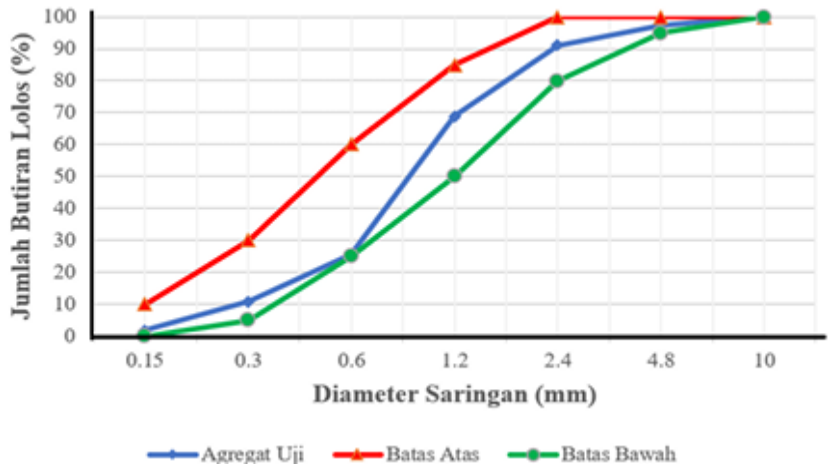
Keterangan: Daerah I : Pasir kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II : Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisa Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah II

Jenis pasir : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS PASIR SUNGAI



Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200
/UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR SUNGAI
(SNI 03-4142-1996)

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2) gram	491
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 [(W1 – W2) / W1] x 100%	1,8

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

a. untuk Pasir maksimum 5% (lima persen)
b. untuk Kerikil maksimum 1% (satu persen)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS PASIR PANTAI
(SNI 03-1970-1990)

Asal Pasir	Nias
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	481
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	973
Berat piknometer berisi air, gram (B)	685
Berat Jenis Curah, ... (1) Bk / (B + 500 – Bt)	2,27
Berat Jenis jenuh kering muka, ...(2) 500 / (B + 500 – Bt)	2,36
Berat Jenis semu .....(3) Bk / (B + Bk – Bt)	2,49
Penyerapan Air..... (4) (500 – Bk) / Bk x 100%	3,95

Keterangan:

- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS PASIR PANTAI
(SNI 03-4804-1998)

Asal Pasir	Nias
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		**Hasil Pengamatan**
Berat Tabung (W1)	gram	10799
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	17318,5
Berat Agregat (W3)	gram	6519,5
Volume Tabung (V)	cm^3	5301,44
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	$gram/cm^3$	1,2298

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
PASIR PANTAI
(SNI 03-1968-1990)

Asal Pasir	Nias
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Kumulatif (%)**	**Persen Lolos Kumulatif (%)**
40,00				
20,00				
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,40	1	0,05	0,05	99,95
1,20	127	6,35	6,40	93,60
0,60	331	16,55	22,95	77,05
0,30	852	42,60	65,55	34,45
0,15	630	31,50	97,05	2,95
Sisa	53	2,65	99,70	0,30
Jumlah	1994	99,70	192	0

Modulus Halus Butir $= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$

$= \frac{389,95}{100}$

$= 3,89$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

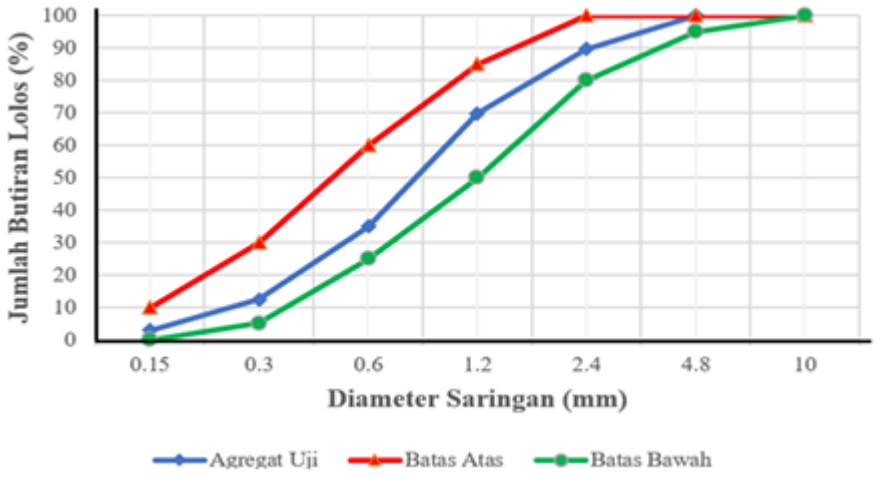
Keterangan: Daerah I : Pasir kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II : Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisa Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah IV

Jenis pasir : Pasir Halus

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS PASIR PANTAI



Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200 /UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR PANTAI (SNI 03-4142-1996)

Asal Pasir	Nias
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2) gram	472,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 [(W1 – W2) / W1] x 100%	5,50

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

a. untuk Pasir maksimum 5% (lima persen)
b. untuk Kerikil maksimum 1% (satu persen)

Lampiran L.2 Laporan Hasil Pengujian Agregat Kasar

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR
(SNI 03-1969-1990)

Asal Pasir	Celereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4874
Berat Kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000
Berat Kerikil dalam air, gram (Ba)	3087
Berat Jenis Curah .....(1) Bk / (Bj - Ba)	2,55
Berat Jenis jenuh kering muka,.....(2) Bj / (Bj - Ba)	2,61
Berat Jenis semu .....(3) Bk / (Bk – Ba)	2,73
Penyerapan Air.....(4) (Bj — Bk) / Bk x 100%	2,59

Keterangan:

- 5000 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Asal Pasir	Celereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		**Hasil Pengamatan**
Berat Tabung (W1)	gram	10601,5
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	18848
Berat Agregat (W3)	gram	8246,5
Volume Tabung (V)	cm^3	5301,44
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	$gram/cm^3$	1,5555

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)

Asal Pasir	Celereng
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Kumulatif (%)**	**Persen Lolos Kumulatif (%)**
40,00	0	0	0	100
20,00	67	1,34	1,34	98,66
10,00	2937	58,74	60,08	39,92
4,80	1883	37,66	97,74	2,26
2,40				
1,20				
0,60				
0,30				
0,15				
Sisa	111	2,22	99,96	0,04
Jumlah	4998	99,96	259,12	0

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{259{,}12}{100}$$

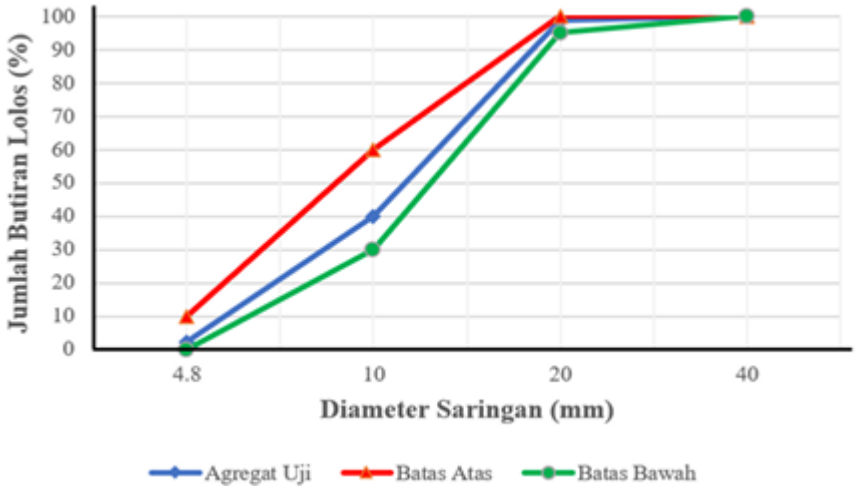
$$= 2{,}59$$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)896444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

GRADASI KERIKIL

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum :	
	40 mm	20 mm
40,00	95 - 100	100
20,00	30 - 70	95 - 100
10,00	10 - 35	25 - 55
4,80	0 - 5	0 - 10

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

…….

Michael Ibe Niatda Dakhi

Lampiran L.3 Laporan Tabel Data Benda Uji

No	Variasi (%)	Kode Sampel	Berat (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
1	BN	BNS1	12,195	0,1503	0,3017
		BNS2	12,386	0,1502	0,3007
		BNS3	12,191	0,1500	0,3007
		BNS4	12,122	0,1513	0,3010
		BNS5	12,238	0,1507	0,3003
		BNS6	12,186	0,1510	0,3010
2	B15	B15S1	12,799	0,1503	0,3007
		B15S2	12,613	0,1498	0,3010
		B15S3	12,654	0,1505	0,3010
		B15S4	12,483	0,1507	0,3003
		B15S5	12,796	0,1510	0,3007
		B15S6	12,566	0,1503	0,3007
3	B20	B20S1	12,483	0,1503	0,3010
		B20S2	12,796	0,1502	0,3013
		B20S3	12,566	0,1502	0,3013
		B20S4	12,496	0,1513	0,3013
		B20S5	12,496	0,1503	0,3010
		B20S6	12,560	0,1510	0,3003
4	B25	B25S1	12,388	0,1500	0,3007
		B25S2	12,371	0,1503	0,3010
		B25S3	12,388	0,1500	0,3017
		B25S4	12,403	0,1507	0,3003
		B25S5	12,400	0,1503	0,3003
		B25S6	12,335	0,1503	0,3013

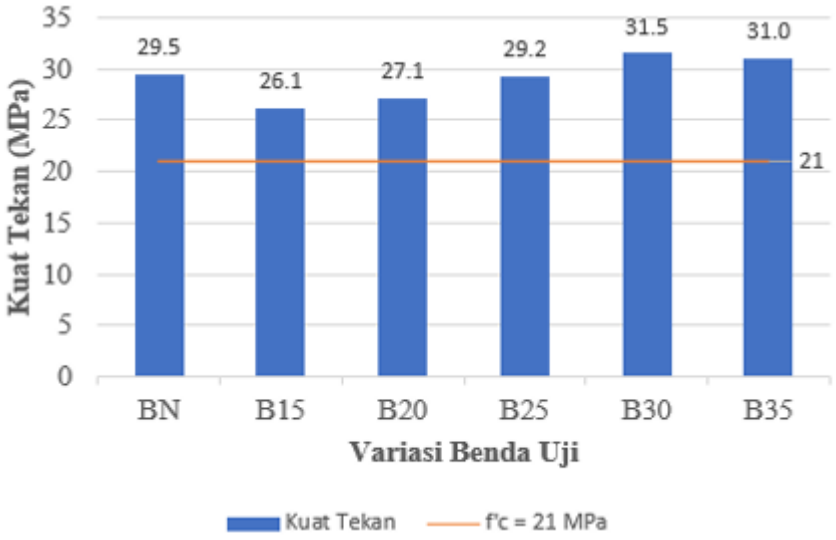
Lanjutan Lampiran L.3 Laporan Tabel Data Benda Uji

No	Variasi (%)	Kode Sampel	Berat (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
5	B30	B30S1	12,579	0,1502	0,3007
		B30S2	12,493	0,1500	0,3003
		B30S3	12,611	0,1500	0,3013
		B30S4	12,570	0,1517	0,3003
		B30S5	12,562	0,1510	0,3003
		B30S6	12,502	0,1507	0,3017
6	B35	B35S1	12,342	0,1500	0,3007
		B35S2	12,572	0,1500	0,3013
		B35S3	12,232	0,1500	0,3003
		B35S4	12,497	0,1503	0,3010
		B35S5	12,677	0,1513	0,3010
		B35S6	12,435	0,1510	0,3003

Lampiran L.4 Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi (%)	Kode Sampel	Diameter (mm)	Luas (mm^2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)
BN	BNS1	150,3	17750,0858	480,6	27,1	29,5
	BNS2	150,2	17710,7504	561,3	31,7	
	BNS3	150,0	17671,4587	525,2	29,7	
B15	B15S1	150,3	17750,0858	521,2	29,4	26,1
	B15S2	149,8	17632,2106	378,5	21,5	
	B15S3	150,5	17710,7504	486,7	27,5	
B20	B20S1	150,3	17750,0858	498,2	28,1	27,1
	B20S2	150,2	17710,7504	496,1	28,0	
	B20S3	150,2	17710,7504	448,3	25,3	
B25	B25S1	150,0	17710,7504	592,7	33,5	29,2
	B25S2	150,3	17671,4587	422,6	23,9	
	B25S3	150,0	17671,4587	534,0	30,2	
B30	B30S1	150,2	17710,7504	567,2	32,0	30,4
	B30S2	150,0	17671,4587	497,4	28,1	
	B30S3	150,0	17671,4587	548,2	31,0	
B35	B35S1	150,0	17671,4587	555,3	31,4	32,1
	B35S2	150,0	17671,4587	567,4	32,1	
	B35S3	150,0	17671,4587	578,5	32,7	



Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Variasi

Lampiran L.5 Laporan Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Lampiran 5.1 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S1

Data Sampel B15S1		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	29,4	MPa
Luas penampang (A)	17750,0858	mm^2
Diameter (L)	150,3	mm
Tinggi (B)	300,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	521,2	kN
	521200	N
40% Beban maksimum (S_2)	11,741	kN
	11740,788	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,690	%
ε_2	0,00049	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,563	0,008	0,00001
20	20000	11	0,006	1,127	0,028	0,00003
30	30000	20	0,010	1,690	0,050	0,00005
40	40000	31	0,016	2,254	0,078	0,00008
50	50000	41	0,021	2,817	0,103	0,00010
60	60000	52	0,026	3,380	0,130	0,00013
70	70000	62	0,031	3,944	0,155	0,00016
80	80000	71	0,036	4,507	0,178	0,00018
90	90000	79	0,040	5,070	0,198	0,00020
100	100000	88	0,044	5,634	0,220	0,00022

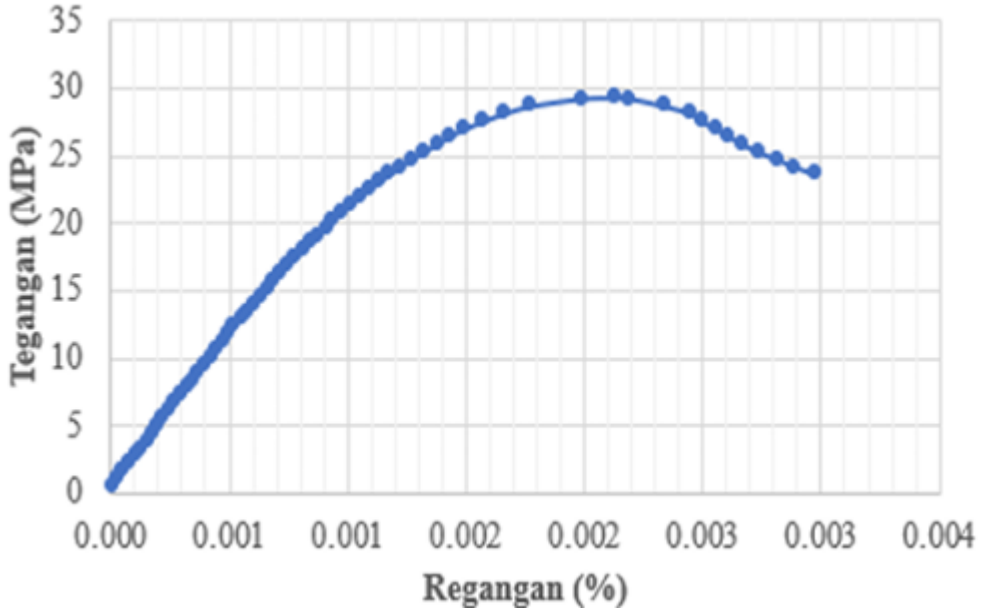
Lanjutan Lampiran 5.1 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
110	110000	98	0,049	6,197	0,245	0,00025
120	120000	108	0,054	6,761	0,270	0,00027
130	130000	118	0,059	7,324	0,295	0,00030
140	140000	129	0,065	7,887	0,323	0,00032
150	150000	137	0,069	8,451	0,343	0,00034
160	160000	147	0,074	9,014	0,368	0,00037
170	170000	158	0,079	9,577	0,395	0,00040
180	180000	168	0,084	10,141	0,420	0,00042
190	190000	177	0,089	10,704	0,443	0,00044
200	200000	188	0,094	11,268	0,470	0,00047
210	210000	198	0,099	11,831	0,495	0,00050
220	220000	207	0,104	12,394	0,518	0,00052
230	230000	220	0,110	12,958	0,550	0,00055
240	240000	231	0,116	13,521	0,578	0,00058
250	250000	242	0,121	14,084	0,605	0,00061
260	260000	253	0,127	14,648	0,633	0,00063
270	270000	265	0,133	15,211	0,663	0,00066
280	280000	275	0,138	15,775	0,688	0,00069
290	290000	286	0,143	16,338	0,715	0,00072
300	300000	298	0,149	16,901	0,745	0,00075
310	310000	311	0,156	17,465	0,778	0,00078
320	320000	324	0,162	18,028	0,810	0,00081
330	330000	336	0,168	18,591	0,840	0,00084
340	340000	349	0,175	19,155	0,873	0,00087
350	350000	364	0,182	19,718	0,910	0,00091
360	360000	375	0,188	20,282	0,938	0,00094
370	370000	390	0,195	20,845	0,975	0,00098

Lanjutan Lampiran 5.1 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
380	380000	405	0,203	21,408	1,013	0,00101
390	390000	420	0,210	21,972	1,050	0,00105
400	400000	435	0,218	22,535	1,088	0,00109
410	410000	452	0,226	23,098	1,130	0,00113
420	420000	470	0,235	23,662	1,175	0,00118
430	430000	488	0,244	24,225	1,220	0,00122
440	440000	507	0,254	24,789	1,268	0,00127
450	450000	528	0,264	25,352	1,320	0,00132
460	460000	551	0,276	25,915	1,378	0,00138
470	470000	572	0,286	26,479	1,430	0,00143
480	480000	596	0,298	27,042	1,490	0,00149
490	490000	628	0,314	27,606	1,570	0,00157
500	500000	663	0,332	28,169	1,658	0,00166
510	510000	709	0,355	28,732	1,773	0,00177
520	520000	796	0,398	29,296	1,990	0,00199
521	521000	850	0,425	29,352	2,125	0,00213
520	520000	877	0,439	29,296	2,193	0,00219
510	510000	935	0,468	28,732	2,338	0,00234
500	500000	980	0,490	28,169	2,450	0,00245
490	490000	998	0,499	27,606	2,495	0,00250
480	480000	1023	0,512	27,042	2,558	0,00256
470	470000	1044	0,522	26,479	2,610	0,00261
460	460000	1067	0,534	25,915	2,668	0,00267
450	450000	1093	0,547	25,352	2,733	0,00273
440	440000	1126	0,563	24,789	2,815	0,00282
430	430000	1156	0,578	24,225	2,890	0,00289
420	420000	1192	0,596	23,662	2,980	0,00298

Lanjutan Lampiran 5.1 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S1



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B15S1

Lampiran 5.2 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S2

Data Sampel B15S2		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	21,4	MPa
Luas penampang (A)	17632,2106	mm^2
Diameter (L)	149,8	mm
Tinggi (B)	301	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	378,5	kN
	378500	N
40% Beban maksimum (S_2)	8,598	kN
	8597,901	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,701	%
ε_2	0,00040	%

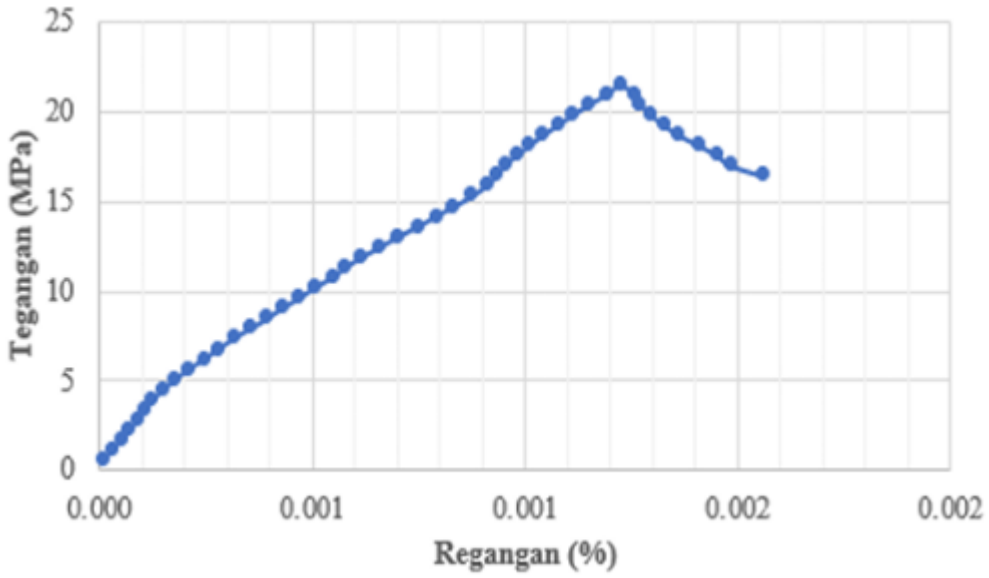
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,567	0,008	0,00001
20	20000	12	0,006	1,134	0,030	0,00003
30	30000	20	0,010	1,701	0,050	0,00005
40	40000	28	0,014	2,269	0,070	0,00007
50	50000	36	0,018	2,836	0,090	0,00009
60	60000	42	0,021	3,403	0,105	0,00011
70	70000	50	0,025	3,970	0,125	0,00013
80	80000	60	0,030	4,537	0,150	0,00015
90	90000	71	0,036	5,104	0,178	0,00018
100	100000	84	0,042	5,671	0,210	0,00021
110	110000	98	0,049	6,239	0,245	0,00025
120	120000	112	0,056	6,806	0,280	0,00028

Lanjutan Lampiran 5.2 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	126	0,063	7,373	0,315	0,00032
140	140000	142	0,071	7,940	0,355	0,00036
150	150000	158	0,079	8,507	0,395	0,00040
160	160000	172	0,086	9,074	0,430	0,00043
170	170000	188	0,094	9,641	0,470	0,00047
180	180000	202	0,101	10,209	0,505	0,00051
190	190000	219	0,110	10,776	0,548	0,00055
200	200000	231	0,116	11,343	0,578	0,00058
210	210000	246	0,123	11,910	0,615	0,00062
220	220000	264	0,132	12,477	0,660	0,00066
230	230000	280	0,140	13,044	0,700	0,00070
240	240000	299	0,150	13,611	0,748	0,00075
250	250000	316	0,158	14,179	0,790	0,00079
260	260000	333	0,167	14,746	0,833	0,00083
270	270000	350	0,175	15,313	0,875	0,00088
280	280000	364	0,182	15,880	0,910	0,00091
290	290000	373	0,187	16,447	0,933	0,00093
300	300000	381	0,191	17,014	0,953	0,00095
310	310000	392	0,196	17,581	0,980	0,00098
320	320000	404	0,202	18,149	1,010	0,00101
330	330000	417	0,209	18,716	1,043	0,00104
340	340000	431	0,216	19,283	1,078	0,00108
350	350000	445	0,223	19,850	1,113	0,00111
360	360000	460	0,230	20,417	1,150	0,00115
370	370000	477	0,239	20,984	1,193	0,00119
379	379000	489	0,245	21,495	1,223	0,00122
370	370000	503	0,252	20,984	1,258	0,00126

Lanjutan Lampiran 5.2 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
360	360000	508	0,254	20,417	1,270	0,00127
350	350000	518	0,259	19,850	1,295	0,00130
340	340000	530	0,265	19,283	1,325	0,00133
330	330000	544	0,272	18,716	1,360	0,00136
320	320000	563	0,282	18,149	1,408	0,00141
310	310000	580	0,290	17,581	1,450	0,00145
300	300000	593	0,297	17,014	1,483	0,00148
290	290000	623	0,312	16,447	1,558	0,00156



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B15S2

Lampiran 5.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S3

Data Sampel B15S3		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	27,5	MPa
Luas penampang (A)	17710,7504	mm^2
Diameter (L)	150,2	mm
Tinggi (B)	301	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	486,7	kN
	486700	N
40% Beban maksimum (S_2)	10,999	kN
	10998,969	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,694	%
ε_2	0,00048	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	4	0,002	0,565	0,010	0,00001
20	20000	12	0,006	1,129	0,030	0,00003
30	30000	21	0,011	1,694	0,053	0,00005
40	40000	31	0,016	2,259	0,078	0,00008
50	50000	42	0,021	2,823	0,105	0,00011
60	60000	51	0,026	3,388	0,128	0,00013
70	70000	61	0,031	3,952	0,153	0,00015
80	80000	70	0,035	4,517	0,175	0,00018
90	90000	80	0,040	5,082	0,200	0,00020
100	100000	91	0,046	5,646	0,228	0,00023
110	110000	101	0,051	6,211	0,253	0,00025
120	120000	111	0,056	6,776	0,278	0,00028

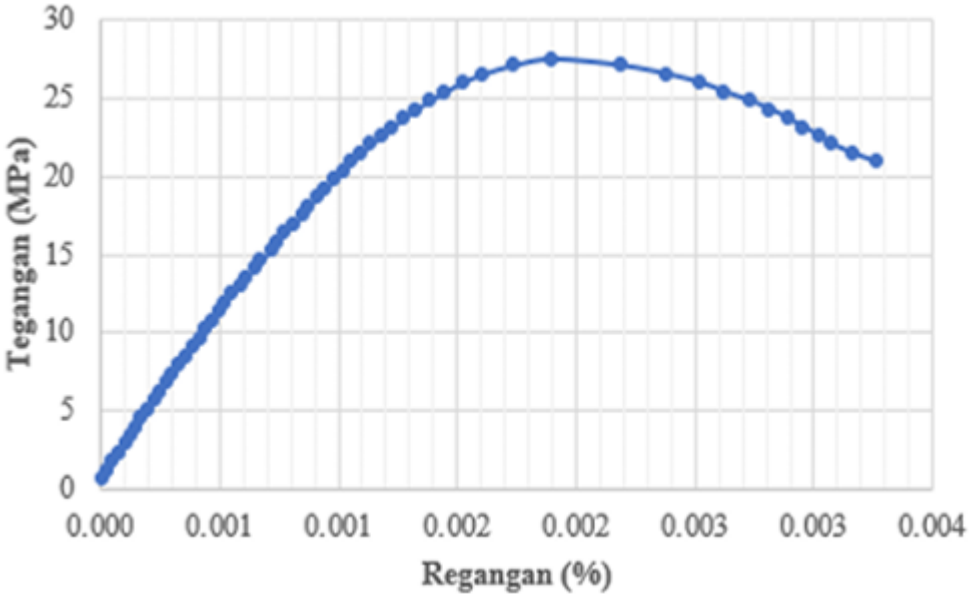
Lanjutan Lampiran 5.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	122	0,061	7,340	0,305	0,00031
140	140000	133	0,067	7,905	0,333	0,00033
150	150000	143	0,072	8,469	0,358	0,00036
160	160000	155	0,078	9,034	0,388	0,00039
170	170000	167	0,084	9,599	0,418	0,00042
180	180000	176	0,088	10,163	0,440	0,00044
190	190000	187	0,094	10,728	0,468	0,00047
200	200000	199	0,100	11,293	0,498	0,00050
210	210000	210	0,105	11,857	0,525	0,00053
220	220000	220	0,110	12,422	0,550	0,00055
230	230000	235	0,118	12,986	0,588	0,00059
240	240000	246	0,123	13,551	0,615	0,00062
250	250000	260	0,130	14,116	0,650	0,00065
260	260000	271	0,136	14,680	0,678	0,00068
270	270000	288	0,144	15,245	0,720	0,00072
280	280000	298	0,149	15,810	0,745	0,00075
290	290000	311	0,156	16,374	0,778	0,00078
300	300000	325	0,163	16,939	0,813	0,00081
310	310000	340	0,170	17,503	0,850	0,00085
320	320000	351	0,176	18,068	0,878	0,00088
330	330000	365	0,183	18,633	0,913	0,00091
340	340000	379	0,190	19,197	0,948	0,00095
350	350000	393	0,197	19,762	0,983	0,00098
360	360000	408	0,204	20,327	1,020	0,00102
370	370000	422	0,211	20,891	1,055	0,00106
380	380000	439	0,220	21,456	1,098	0,00110
390	390000	455	0,228	22,021	1,138	0,00114

Lanjutan Lampiran 5.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	473	0,237	22,585	1,183	0,00118
410	410000	491	0,246	23,150	1,228	0,00123
420	420000	510	0,255	23,714	1,275	0,00128
430	430000	531	0,266	24,279	1,328	0,00133
440	440000	555	0,278	24,844	1,388	0,00139
450	450000	580	0,290	25,408	1,450	0,00145
460	460000	609	0,305	25,973	1,523	0,00152
470	470000	645	0,323	26,538	1,613	0,00161
480	480000	696	0,348	27,102	1,740	0,00174
487	487000	761	0,381	27,497	1,903	0,00190
480	480000	875	0,438	27,102	2,188	0,00219
470	470000	953	0,477	26,538	2,383	0,00238
460	460000	1010	0,505	25,973	2,525	0,00253
450	450000	1050	0,525	25,408	2,625	0,00263
440	440000	1092	0,546	24,844	2,730	0,00273
430	430000	1127	0,564	24,279	2,818	0,00282
420	420000	1156	0,578	23,714	2,890	0,00289
410	410000	1182	0,591	23,150	2,955	0,00296
400	400000	1209	0,605	22,585	3,023	0,00302
390	390000	1232	0,616	22,021	3,080	0,00308
380	380000	1268	0,634	21,456	3,170	0,00317
370	370000	1307	0,654	20,891	3,268	0,00327

Lanjutan Lampiran 5.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B15S3



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B15S3

Lampiran 5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S1

Data Sampel B20S1		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	28,1	MPa
Luas penampang (A)	17750,0858	mm^2
Diameter (L)	150,3	mm
Tinggi (B)	301	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	498,2	kN
	498200	N
40% Beban maksimum (S_2)	11,222	kN
	11222,481	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,690	%
ε_2	0,00052	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,563	0,008	0,00001
20	20000	12	0,006	1,127	0,030	0,00003
30	30000	21	0,011	1,690	0,053	0,00005
40	40000	33	0,017	2,254	0,083	0,00008
50	50000	45	0,023	2,817	0,113	0,00011
60	60000	55	0,028	3,380	0,138	0,00014
70	70000	65	0,033	3,944	0,163	0,00016
80	80000	75	0,038	4,507	0,188	0,00019
90	90000	85	0,043	5,070	0,213	0,00021
100	100000	96	0,048	5,634	0,240	0,00024
110	110000	106	0,053	6,197	0,265	0,00027
120	120000	118	0,059	6,761	0,295	0,00030

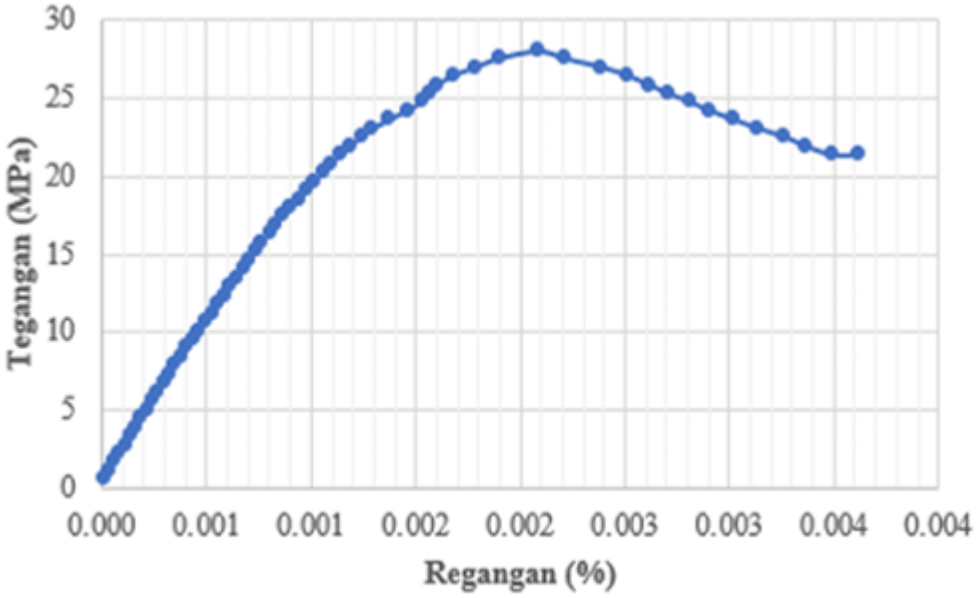
Lanjutan Lampiran 5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	129	0,065	7,324	0,323	0,00032
140	140000	140	0,070	7,887	0,350	0,00035
150	150000	151	0,076	8,451	0,378	0,00038
160	160000	162	0,081	9,014	0,405	0,00041
170	170000	174	0,087	9,577	0,435	0,00044
180	180000	186	0,093	10,141	0,465	0,00047
190	190000	197	0,099	10,704	0,493	0,00049
200	200000	210	0,105	11,268	0,525	0,00053
210	210000	223	0,112	11,831	0,558	0,00056
220	220000	234	0,117	12,394	0,585	0,00059
230	230000	246	0,123	12,958	0,615	0,00062
240	240000	256	0,128	13,521	0,640	0,00064
250	250000	270	0,135	14,084	0,675	0,00068
260	260000	282	0,141	14,648	0,705	0,00071
270	270000	294	0,147	15,211	0,735	0,00074
280	280000	306	0,153	15,775	0,765	0,00077
290	290000	320	0,160	16,338	0,800	0,00080
300	300000	333	0,167	16,901	0,833	0,00083
310	310000	346	0,173	17,465	0,865	0,00087
320	320000	361	0,181	18,028	0,903	0,00090
330	330000	376	0,188	18,591	0,940	0,00094
340	340000	391	0,196	19,155	0,978	0,00098
350	350000	407	0,204	19,718	1,018	0,00102
360	360000	423	0,212	20,282	1,058	0,00106
370	370000	439	0,220	20,845	1,098	0,00110
380	380000	457	0,229	21,408	1,143	0,00114
390	390000	475	0,238	21,972	1,188	0,00119

Lanjutan Lampiran 5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	496	0,248	22,535	1,240	0,00124
410	410000	518	0,259	23,098	1,295	0,00130
420	420000	549	0,275	23,662	1,373	0,00137
430	430000	583	0,292	24,225	1,458	0,00146
440	440000	611	0,306	24,789	1,528	0,00153
450	450000	625	0,313	25,352	1,563	0,00156
460	460000	642	0,321	25,915	1,605	0,00161
470	470000	671	0,336	26,479	1,678	0,00168
480	480000	715	0,358	27,042	1,788	0,00179
490	490000	760	0,380	27,606	1,900	0,00190
498	498000	835	0,418	28,056	2,088	0,00209
490	490000	884	0,442	27,606	2,210	0,00221
480	480000	955	0,478	27,042	2,388	0,00239
470	470000	1006	0,503	26,479	2,515	0,00252
460	460000	1045	0,523	25,915	2,613	0,00261
450	450000	1083	0,542	25,352	2,708	0,00271
440	440000	1125	0,563	24,789	2,813	0,00281
430	430000	1163	0,582	24,225	2,908	0,00291
420	420000	1209	0,605	23,662	3,023	0,00302
410	410000	1255	0,628	23,098	3,138	0,00314
400	400000	1306	0,653	22,535	3,265	0,00327
390	390000	1345	0,673	21,972	3,363	0,00336
380	380000	1397	0,699	21,408	3,493	0,00349
370	380000	1448	0,724	21,408	3,620	0,00362

Lanjutan Lampiran 5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S1



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B20S1

Lampiran 5.5 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S2

Data Sampel B20S2		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	28	MPa
Luas penampang (A)	17710,7504	mm^2
Diameter (L)	150,2	mm
Tinggi (B)	301,3	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	496,1	kN
	496100	N
40% Beban maksimum (S_2)	11,202	kN
	11202,236	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,694	%
ε_2	0,00043	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,565	0,008	0,00001
20	20000	11	0,006	1,129	0,028	0,00003
30	30000	20	0,010	1,694	0,050	0,00005
40	40000	31	0,016	2,259	0,078	0,00008
50	50000	40	0,020	2,823	0,100	0,00010
60	60000	49	0,025	3,388	0,123	0,00012
70	70000	58	0,029	3,952	0,145	0,00015
80	80000	67	0,034	4,517	0,168	0,00017
90	90000	75	0,038	5,082	0,188	0,00019
100	100000	83	0,042	5,646	0,208	0,00021
110	110000	92	0,046	6,211	0,230	0,00023
120	120000	101	0,051	6,776	0,253	0,00025

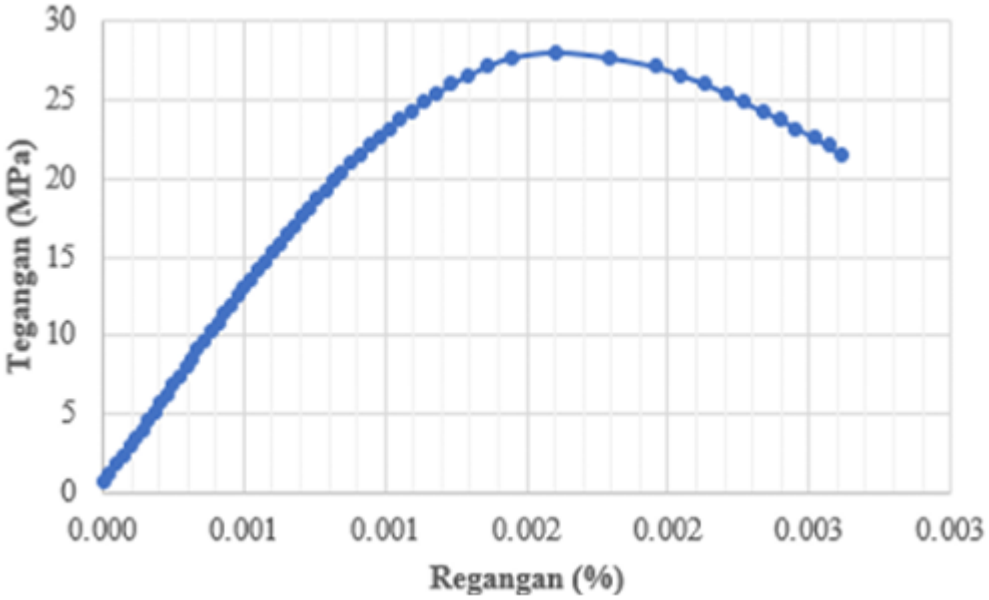
Lanjutan Lampiran 5.5 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	111	0,056	7,340	0,278	0,00028
140	140000	119	0,060	7,905	0,298	0,00030
150	150000	127	0,064	8,469	0,318	0,00032
160	160000	135	0,068	9,034	0,338	0,00034
170	170000	145	0,073	9,599	0,363	0,00036
180	180000	155	0,078	10,163	0,388	0,00039
190	190000	165	0,083	10,728	0,413	0,00041
200	200000	173	0,087	11,293	0,433	0,00043
210	210000	182	0,091	11,857	0,455	0,00046
220	220000	192	0,096	12,422	0,480	0,00048
230	230000	201	0,101	12,986	0,503	0,00050
240	240000	212	0,106	13,551	0,530	0,00053
250	250000	221	0,111	14,116	0,553	0,00055
260	260000	231	0,116	14,680	0,578	0,00058
270	270000	242	0,121	15,245	0,605	0,00061
280	280000	252	0,126	15,810	0,630	0,00063
290	290000	264	0,132	16,374	0,660	0,00066
300	300000	273	0,137	16,939	0,683	0,00068
310	310000	283	0,142	17,503	0,708	0,00071
320	320000	294	0,147	18,068	0,735	0,00074
330	330000	305	0,153	18,633	0,763	0,00076
340	340000	318	0,159	19,197	0,795	0,00080
350	350000	328	0,164	19,762	0,820	0,00082
360	360000	339	0,170	20,327	0,848	0,00085
370	370000	351	0,176	20,891	0,878	0,00088
380	380000	365	0,183	21,456	0,913	0,00091
390	390000	380	0,190	22,021	0,950	0,00095

Lanjutan Lampiran 5.5 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	393	0,197	22,585	0,983	0,00098
410	410000	407	0,204	23,150	1,018	0,00102
420	420000	421	0,211	23,714	1,053	0,00105
430	430000	439	0,220	24,279	1,098	0,00110
440	440000	455	0,228	24,844	1,138	0,00114
450	450000	475	0,238	25,408	1,188	0,00119
460	460000	495	0,248	25,973	1,238	0,00124
470	470000	519	0,260	26,538	1,298	0,00130
480	480000	545	0,273	27,102	1,363	0,00136
490	490000	580	0,290	27,667	1,450	0,00145
496	496000	643	0,322	28,006	1,608	0,00161
490	490000	718	0,359	27,667	1,795	0,00180
480	480000	783	0,392	27,102	1,958	0,00196
470	470000	820	0,410	26,538	2,050	0,00205
460	460000	855	0,428	25,973	2,138	0,00214
450	450000	883	0,442	25,408	2,208	0,00221
440	440000	908	0,454	24,844	2,270	0,00227
430	430000	935	0,468	24,279	2,338	0,00234
420	420000	961	0,481	23,714	2,403	0,00240
410	410000	983	0,492	23,150	2,458	0,00246
400	400000	1008	0,504	22,585	2,520	0,00252
390	390000	1029	0,515	22,021	2,573	0,00257
380	380000	1047	0,524	21,456	2,618	0,00262

Lanjutan Lampiran 5.5 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S2



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B20S2

Lampiran 5.6 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S3

Data Sampel B20S3		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	25,3	MPa
Luas penampang (A)	17710,7504	mm^2
Diameter (L)	150,2	mm
Tinggi (B)	301,3	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	448,3	kN
	448300	N
40% Beban maksimum (S_2)	10,118	kN
	10118,148	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	2,259	%
ε_2	0,00036	%

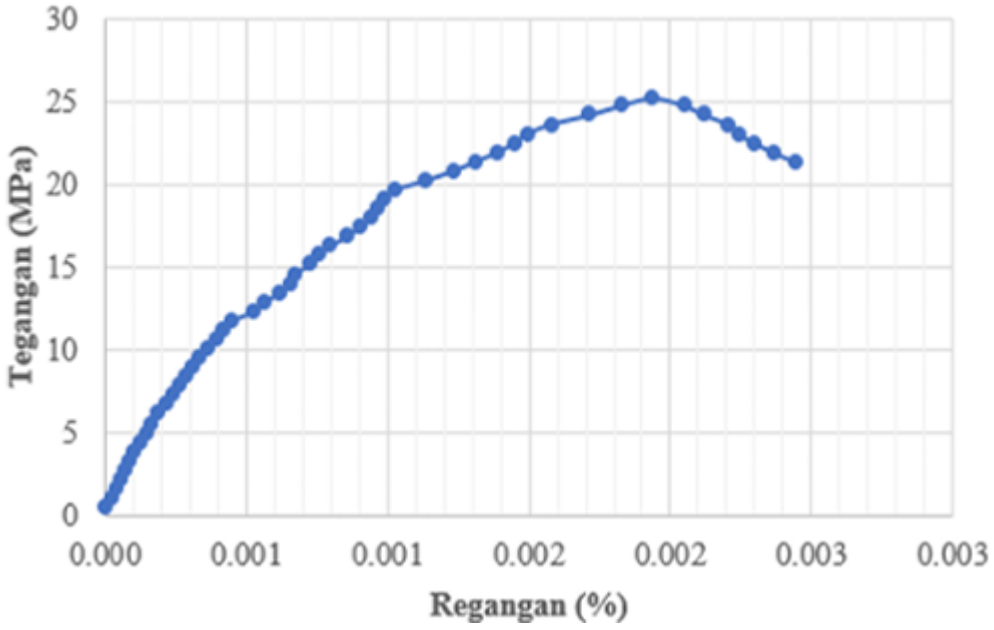
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	0	0,000	0,565	0,000	0,00000
20	20000	8	0,004	1,129	0,020	0,00002
30	30000	14	0,007	1,694	0,035	0,00004
40	40000	20	0,010	2,259	0,050	0,00005
50	50000	27	0,014	2,823	0,068	0,00007
60	60000	34	0,017	3,388	0,085	0,00009
70	70000	40	0,020	3,952	0,100	0,00010
80	80000	49	0,025	4,517	0,123	0,00012
90	90000	57	0,029	5,082	0,143	0,00014
100	100000	66	0,033	5,646	0,165	0,00017
110	110000	75	0,038	6,211	0,188	0,00019
120	120000	86	0,043	6,776	0,215	0,00022

Lanjutan Lampiran 5.6 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	96	0,048	7,340	0,240	0,00024
140	140000	106	0,053	7,905	0,265	0,00027
150	150000	115	0,058	8,469	0,288	0,00029
160	160000	124	0,062	9,034	0,310	0,00031
170	170000	133	0,067	9,599	0,333	0,00033
180	180000	146	0,073	10,163	0,365	0,00037
190	190000	158	0,079	10,728	0,395	0,00040
200	200000	167	0,084	11,293	0,418	0,00042
210	210000	180	0,090	11,857	0,450	0,00045
220	220000	211	0,106	12,422	0,528	0,00053
230	230000	226	0,113	12,986	0,565	0,00057
240	240000	247	0,124	13,551	0,618	0,00062
250	250000	262	0,131	14,116	0,655	0,00066
260	260000	268	0,134	14,680	0,670	0,00067
270	270000	291	0,146	15,245	0,728	0,00073
280	280000	303	0,152	15,810	0,758	0,00076
290	290000	319	0,160	16,374	0,798	0,00080
300	300000	342	0,171	16,939	0,855	0,00086
310	310000	360	0,180	17,503	0,900	0,00090
320	320000	377	0,189	18,068	0,943	0,00094
330	330000	386	0,193	18,633	0,965	0,00097
340	340000	395	0,198	19,197	0,988	0,00099
350	350000	410	0,205	19,762	1,025	0,00103
360	360000	453	0,227	20,327	1,133	0,00113
370	370000	492	0,246	20,891	1,230	0,00123
380	380000	523	0,262	21,456	1,308	0,00131
390	390000	554	0,277	22,021	1,385	0,00139

Lanjutan Lampiran 5.6 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B20S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	579	0,290	22,585	1,448	0,00145
410	410000	597	0,299	23,150	1,493	0,00149
420	420000	631	0,316	23,714	1,578	0,00158
430	430000	686	0,343	24,279	1,715	0,00172
440	440000	731	0,366	24,844	1,828	0,00183
448	448000	775	0,388	25,295	1,938	0,00194
440	440000	819	0,410	24,844	2,048	0,00205
430	430000	848	0,424	24,279	2,120	0,00212
420	420000	882	0,441	23,714	2,205	0,00221
410	410000	896	0,448	23,150	2,240	0,00224
400	400000	918	0,459	22,585	2,295	0,00230
390	390000	946	0,473	22,021	2,365	0,00237
380	380000	976	0,488	21,456	2,440	0,00244



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B20S3

Lampiran 5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S1

Data Sampel B25S1		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	33,5	MPa
Luas penampang (A)	17710,7504	mm^2
Diameter (L)	150,2	mm
Tinggi (B)	300,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	592,7	kN
	592700	N
40% Beban maksimum (S_2)	13,393	kN
	13392,995	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	2,259	%
ε_2	0,00052	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	0	0,000	0,565	0,000	0,00000
20	20000	7	0,004	1,129	0,018	0,00002
30	30000	12	0,006	1,694	0,030	0,00003
40	40000	19	0,010	2,259	0,048	0,00005
50	50000	29	0,015	2,823	0,073	0,00007
60	60000	37	0,019	3,388	0,093	0,00009
70	70000	45	0,023	3,952	0,113	0,00011
80	80000	53	0,027	4,517	0,133	0,00013
90	90000	61	0,031	5,082	0,153	0,00015
100	100000	70	0,035	5,646	0,175	0,00018
110	110000	81	0,041	6,211	0,203	0,00020
120	120000	90	0,045	6,776	0,225	0,00023

Lanjutan Lampiran 5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S1

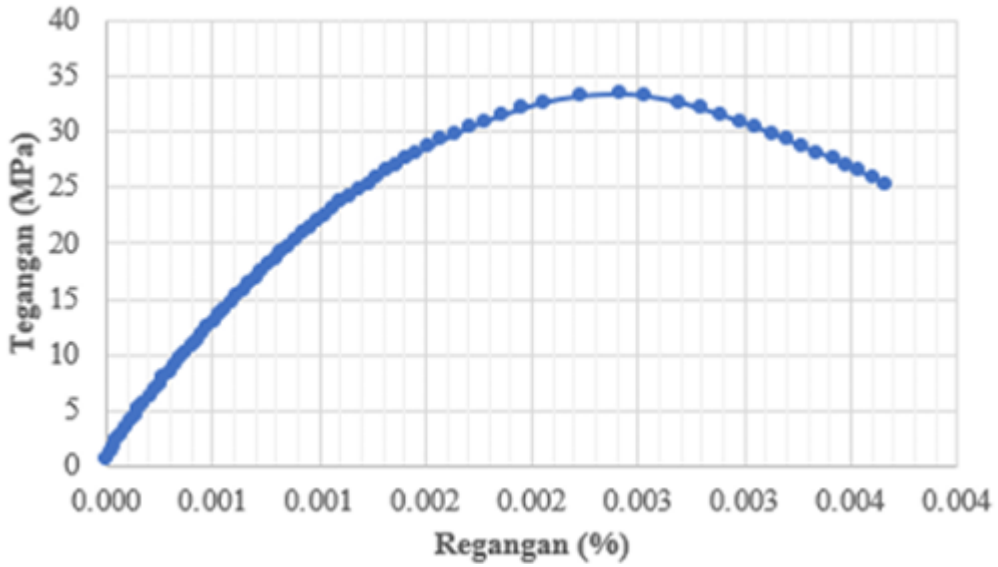
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	99	0,050	7,340	0,248	0,00025
140	140000	108	0,054	7,905	0,270	0,00027
150	150000	119	0,060	8,469	0,298	0,00030
160	160000	129	0,065	9,034	0,323	0,00032
170	170000	139	0,070	9,599	0,348	0,00035
180	180000	149	0,075	10,163	0,373	0,00037
190	190000	160	0,080	10,728	0,400	0,00040
200	200000	170	0,085	11,293	0,425	0,00043
210	210000	180	0,090	11,857	0,450	0,00045
220	220000	190	0,095	12,422	0,475	0,00048
230	230000	201	0,101	12,986	0,503	0,00050
240	240000	212	0,106	13,551	0,530	0,00053
250	250000	222	0,111	14,116	0,555	0,00056
260	260000	234	0,117	14,680	0,585	0,00059
270	270000	245	0,123	15,245	0,613	0,00061
280	280000	257	0,129	15,810	0,643	0,00064
290	290000	270	0,135	16,374	0,675	0,00068
300	300000	281	0,141	16,939	0,703	0,00070
310	310000	293	0,147	17,503	0,733	0,00073
320	320000	305	0,153	18,068	0,763	0,00076
330	330000	317	0,159	18,633	0,793	0,00079
340	340000	330	0,165	19,197	0,825	0,00083
350	350000	343	0,172	19,762	0,858	0,00086
360	360000	357	0,179	20,327	0,893	0,00089
370	370000	370	0,185	20,891	0,925	0,00093
380	380000	382	0,191	21,456	0,955	0,00096
390	390000	398	0,199	22,021	0,995	0,00100

Lanjutan Lampiran 5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	411	0,206	22,585	1,028	0,00103
410	410000	426	0,213	23,150	1,065	0,00107
420	420000	441	0,221	23,714	1,103	0,00110
430	430000	459	0,230	24,279	1,148	0,00115
440	440000	475	0,238	24,844	1,188	0,00119
450	450000	492	0,246	25,408	1,230	0,00123
460	460000	508	0,254	25,973	1,270	0,00127
470	470000	528	0,264	26,538	1,320	0,00132
480	480000	545	0,273	27,102	1,363	0,00136
490	490000	565	0,283	27,667	1,413	0,00141
500	500000	584	0,292	28,231	1,460	0,00146
510	510000	607	0,304	28,796	1,518	0,00152
520	520000	630	0,315	29,361	1,575	0,00158
530	530000	655	0,328	29,925	1,638	0,00164
540	540000	683	0,342	30,490	1,708	0,00171
550	550000	711	0,356	31,055	1,778	0,00178
560	560000	745	0,373	31,619	1,863	0,00186
570	570000	780	0,390	32,184	1,950	0,00195
580	580000	823	0,412	32,748	2,058	0,00206
590	590000	892	0,446	33,313	2,230	0,00223
593	593000	965	0,483	33,482	2,413	0,00241
590	590000	1010	0,505	33,313	2,525	0,00253
580	580000	1075	0,538	32,748	2,688	0,00269
570	570000	1118	0,559	32,184	2,795	0,00280
560	560000	1155	0,578	31,619	2,888	0,00289
550	550000	1190	0,595	31,055	2,975	0,00298
540	540000	1221	0,611	30,490	3,053	0,00305
530	530000	1252	0,626	29,925	3,130	0,00313

Lanjutan Lampiran 5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
520	520000	1281	0,641	29,361	3,203	0,00320
510	510000	1307	0,654	28,796	3,268	0,00327
500	500000	1336	0,668	28,231	3,340	0,00334
490	490000	1367	0,684	27,667	3,418	0,00342
480	480000	1389	0,695	27,102	3,473	0,00347
470	470000	1416	0,708	26,538	3,540	0,00354
460	460000	1440	0,720	25,973	3,600	0,00360
450	450000	1466	0,733	25,408	3,665	0,00367



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B25S1

Lampiran 5.8 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S2

Data Sampel B25S2		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	23,9	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	301	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	422,6	kN
	422600	N
40% Beban maksimum (S_2)	9,575	kN
	9574,761	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	2,264	%
ε_2	0,00027	%

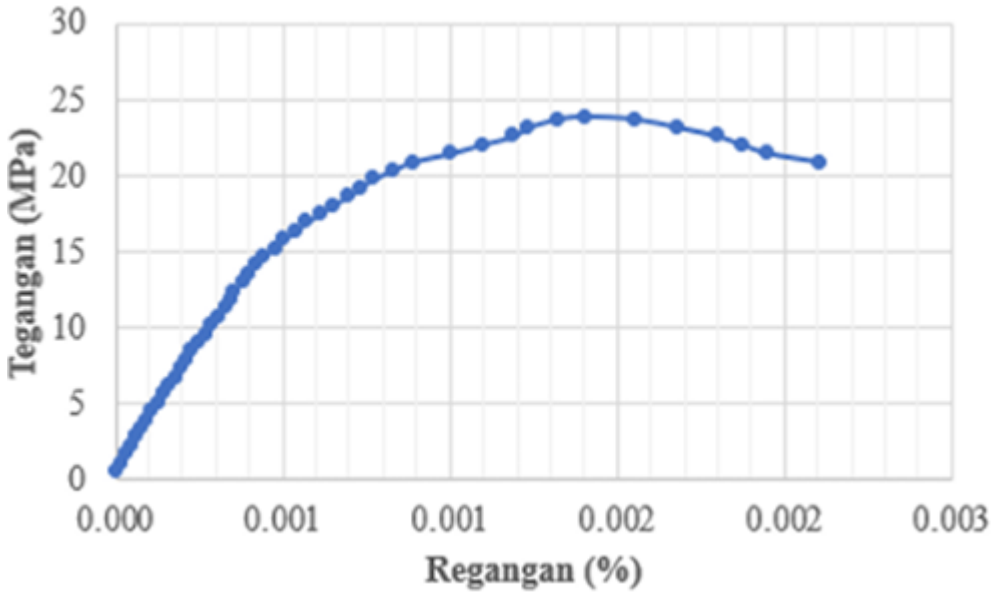
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	0	0,000	0,566	0,000	0,00000
20	20000	8	0,004	1,132	0,020	0,00002
30	30000	12	0,006	1,698	0,030	0,00003
40	40000	19	0,010	2,264	0,048	0,00005
50	50000	25	0,013	2,829	0,063	0,00006
60	60000	31	0,016	3,395	0,078	0,00008
70	70000	38	0,019	3,961	0,095	0,00010
80	80000	43	0,022	4,527	0,108	0,00011
90	90000	51	0,026	5,093	0,128	0,00013
100	100000	58	0,029	5,659	0,145	0,00015
110	110000	64	0,032	6,225	0,160	0,00016
120	120000	72	0,036	6,791	0,180	0,00018

Lanjutan Lampiran 5.8 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	80	0,040	7,356	0,200	0,00020
140	140000	86	0,043	7,922	0,215	0,00022
150	150000	92	0,046	8,488	0,230	0,00023
160	160000	100	0,050	9,054	0,250	0,00025
170	170000	108	0,054	9,620	0,270	0,00027
180	180000	115	0,058	10,186	0,288	0,00029
190	190000	123	0,062	10,752	0,308	0,00031
200	200000	131	0,066	11,318	0,328	0,00033
210	210000	138	0,069	11,884	0,345	0,00035
220	220000	142	0,071	12,449	0,355	0,00036
230	230000	152	0,076	13,015	0,380	0,00038
240	240000	159	0,080	13,581	0,398	0,00040
250	250000	168	0,084	14,147	0,420	0,00042
260	260000	178	0,089	14,713	0,445	0,00045
270	270000	191	0,096	15,279	0,478	0,00048
280	280000	202	0,101	15,845	0,505	0,00051
290	290000	217	0,109	16,411	0,543	0,00054
300	300000	229	0,115	16,977	0,573	0,00057
310	310000	246	0,123	17,542	0,615	0,00062
320	320000	261	0,131	18,108	0,653	0,00065
330	330000	279	0,140	18,674	0,698	0,00070
340	340000	294	0,147	19,240	0,735	0,00074
350	350000	309	0,155	19,806	0,773	0,00077
360	360000	332	0,166	20,372	0,830	0,00083
370	370000	356	0,178	20,938	0,890	0,00089
380	380000	402	0,201	21,504	1,005	0,00101
390	390000	439	0,220	22,069	1,098	0,00110

Lanjutan Lampiran 5.8 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	476	0,238	22,635	1,190	0,00119
410	410000	494	0,247	23,201	1,235	0,00124
420	420000	530	0,265	23,767	1,325	0,00133
423	423000	562	0,281	23,937	1,405	0,00141
420	420000	621	0,311	23,767	1,553	0,00155
410	410000	672	0,336	23,20	1,680	0,00168
400	400000	720	0,360	22,635	1,800	0,00180
390	390000	749	0,375	22,069	1,873	0,00187
380	380000	780	0,390	21,504	1,950	0,00195
370	370000	843	0,422	20,938	2,108	0,00211



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B25S2

Lampiran 5.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S3

Data Sampel B25S3		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	30,2	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	301,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	534	kN
	534000	N
40% Beban maksimum (S_2)	12,087	kN
	12087,287	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00057	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	2	0,001	0,566	0,005	0,00001
20	20000	11	0,006	1,132	0,028	0,00003
30	30000	21	0,011	1,698	0,053	0,00005
40	40000	32	0,016	2,264	0,080	0,00008
50	50000	44	0,022	2,829	0,110	0,00011
60	60000	57	0,029	3,395	0,143	0,00014
70	70000	69	0,035	3,961	0,173	0,00017
80	80000	83	0,042	4,527	0,208	0,00021
90	90000	92	0,046	5,093	0,230	0,00023
100	100000	103	0,052	5,659	0,258	0,00026
110	110000	113	0,057	6,225	0,283	0,00028
120	120000	126	0,063	6,791	0,315	0,00032

Lanjutan Lampiran 5.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S3

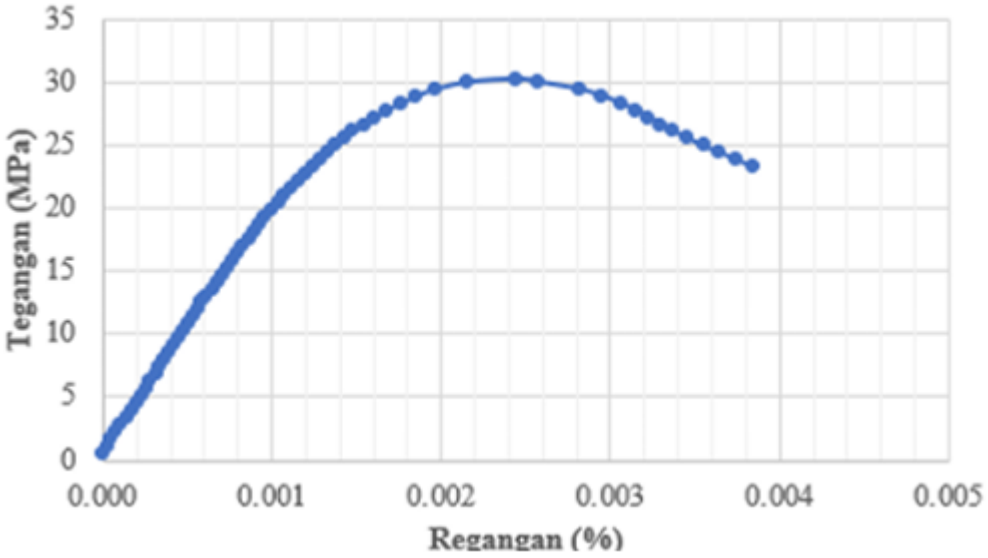
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	136	0,068	7,356	0,340	0,00034
140	140000	145	0,073	7,922	0,363	0,00036
150	150000	158	0,079	8,488	0,395	0,00040
160	160000	168	0,084	9,054	0,420	0,00042
170	170000	179	0,090	9,620	0,448	0,00045
180	180000	190	0,095	10,186	0,475	0,00048
190	190000	201	0,101	10,752	0,503	0,00050
200	200000	212	0,106	11,318	0,530	0,00053
210	210000	224	0,112	11,884	0,560	0,00056
220	220000	234	0,117	12,449	0,585	0,00059
230	230000	246	0,123	13,015	0,615	0,00062
240	240000	259	0,130	13,581	0,648	0,00065
250	250000	270	0,135	14,147	0,675	0,00068
260	260000	283	0,142	14,713	0,708	0,00071
270	270000	295	0,148	15,279	0,738	0,00074
280	280000	306	0,153	15,845	0,765	0,00077
290	290000	319	0,160	16,411	0,798	0,00080
300	300000	333	0,167	16,977	0,833	0,00083
310	310000	345	0,173	17,542	0,863	0,00086
320	320000	359	0,180	18,108	0,898	0,00090
330	330000	372	0,186	18,674	0,930	0,00093
340	340000	385	0,193	19,240	0,963	0,00096
350	350000	400	0,200	19,806	1,000	0,00100
360	360000	415	0,208	20,372	1,038	0,00104
370	370000	429	0,215	20,938	1,073	0,00107
380	380000	445	0,223	21,504	1,113	0,00111
390	390000	461	0,231	22,069	1,153	0,00115

Lanjutan Lampiran 5.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	479	0,240	22,635	1,198	0,00120
410	410000	495	0,248	23,201	1,238	0,00124
420	420000	513	0,257	23,767	1,283	0,00128
430	430000	531	0,266	24,333	1,328	0,00133
440	440000	550	0,275	24,899	1,375	0,00138
450	450000	571	0,286	25,465	1,428	0,00143
460	460000	593	0,297	26,031	1,483	0,00148
470	470000	617	0,309	26,597	1,543	0,00154
480	480000	642	0,321	27,162	1,605	0,00161
490	490000	670	0,335	27,728	1,675	0,00168
500	500000	704	0,352	28,294	1,760	0,00176
510	510000	740	0,370	28,860	1,850	0,00185
520	520000	787	0,394	29,426	1,968	0,00197
530	530000	862	0,431	29,992	2,155	0,00216
534	534000	975	0,488	30,218	2,438	0,00244
530	530000	1030	0,515	29,992	2,575	0,00258
520	520000	1125	0,563	29,426	2,813	0,00281
510	510000	1180	0,590	28,860	2,950	0,00295
500	500000	1223	0,612	28,294	3,058	0,00306
490	490000	1260	0,630	27,728	3,150	0,00315
480	480000	1291	0,646	27,162	3,228	0,00323
470	470000	1320	0,660	26,597	3,300	0,00330
460	460000	1349	0,675	26,031	3,373	0,00337
450	450000	1383	0,692	25,465	3,458	0,00346
440	440000	1420	0,710	24,899	3,550	0,00355
430	430000	1459	0,730	24,333	3,648	0,00365

Lanjutan Lampiran 5.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B25S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
420	420000	1498	0,749	23,767	3,745	0,00375
410	410000	1538	0,769	23,201	3,845	0,00385



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B25S3

Lampiran 5.10 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S1

Data Sampel B30S1		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	32	MPa
Luas penampang (A)	17710,7504	mm^2
Diameter (L)	150,2	mm
Tinggi (B)	300,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	567,2	kN
	567200	N
40% Beban maksimum (S_2)	12,806	kN
	12805,782	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,694	%
ε_2	0,00049	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,565	0,008	0,00001
20	20000	12	0,006	1,129	0,030	0,00003
30	30000	21	0,011	1,694	0,053	0,00005
40	40000	30	0,015	2,259	0,075	0,00008
50	50000	40	0,020	2,823	0,100	0,00010
60	60000	50	0,025	3,388	0,125	0,00013
70	70000	58	0,029	3,952	0,145	0,00015
80	80000	66	0,033	4,517	0,165	0,00017
90	90000	75	0,038	5,082	0,188	0,00019
100	100000	83	0,042	5,646	0,208	0,00021
110	110000	92	0,046	6,211	0,230	0,00023
120	120000	100	0,050	6,776	0,250	0,00025

Lanjutan Lampiran 5.10 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S1

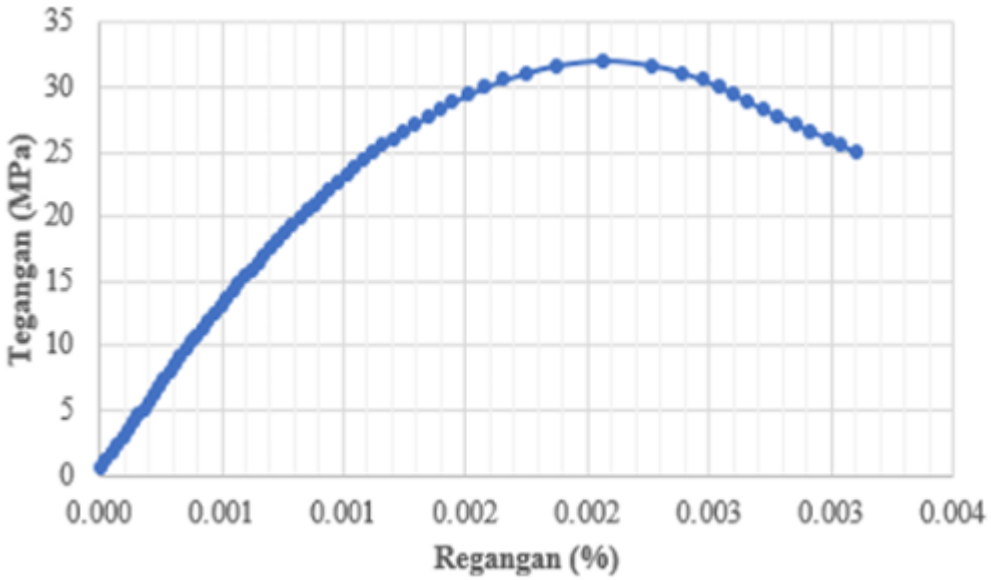
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	108	0,054	7,340	0,270	0,00027
140	140000	117	0,059	7,905	0,293	0,00029
150	150000	125	0,063	8,469	0,313	0,00031
160	160000	134	0,067	9,034	0,335	0,00034
170	170000	143	0,072	9,599	0,358	0,00036
180	180000	151	0,076	10,163	0,378	0,00038
190	190000	161	0,081	10,728	0,403	0,00040
200	200000	170	0,085	11,293	0,425	0,00043
210	210000	180	0,090	11,857	0,450	0,00045
220	220000	190	0,095	12,422	0,475	0,00048
230	230000	200	0,100	12,986	0,500	0,00050
240	240000	210	0,105	13,551	0,525	0,00053
250	250000	220	0,110	14,116	0,550	0,00055
260	260000	230	0,115	14,680	0,575	0,00058
270	270000	240	0,120	15,245	0,600	0,00060
280	280000	251	0,126	15,810	0,628	0,00063
290	290000	262	0,131	16,374	0,655	0,00066
300	300000	272	0,136	16,939	0,680	0,00068
310	310000	283	0,142	17,503	0,708	0,00071
320	320000	295	0,148	18,068	0,738	0,00074
330	330000	306	0,153	18,633	0,765	0,00077
340	340000	318	0,159	19,197	0,795	0,00080
350	350000	330	0,165	19,762	0,825	0,00083
360	360000	341	0,171	20,327	0,853	0,00085
370	370000	354	0,177	20,891	0,885	0,00089
380	380000	366	0,183	21,456	0,915	0,00092
390	390000	379	0,190	22,021	0,948	0,00095

Lanjutan Lampiran 5.10 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	392	0,196	22,585	0,980	0,00098
410	410000	406	0,203	23,150	1,015	0,00102
420	420000	421	0,211	23,714	1,053	0,00105
430	430000	435	0,218	24,279	1,088	0,00109
440	440000	451	0,226	24,844	1,128	0,00113
450	450000	466	0,233	25,408	1,165	0,00117
460	460000	483	0,242	25,973	1,208	0,00121
470	470000	500	0,250	26,538	1,250	0,00125
480	480000	520	0,260	27,102	1,300	0,00130
490	490000	540	0,270	27,667	1,350	0,00135
500	500000	560	0,280	28,231	1,400	0,00140
510	510000	581	0,291	28,796	1,453	0,00145
520	520000	606	0,303	29,361	1,515	0,00152
530	530000	633	0,317	29,925	1,583	0,00158
540	540000	664	0,332	30,490	1,660	0,00166
550	550000	701	0,351	31,055	1,753	0,00175
560	560000	750	0,375	31,619	1,875	0,00188
567	567000	829	0,415	32,014	2,073	0,00207
560	560000	907	0,454	31,619	2,268	0,00227
550	550000	958	0,479	31,055	2,395	0,00240
540	540000	990	0,495	30,490	2,475	0,00248
530	530000	1018	0,509	29,925	2,545	0,00255
520	520000	1041	0,521	29,361	2,603	0,00260
510	510000	1064	0,532	28,796	2,660	0,00266
500	500000	1089	0,545	28,231	2,723	0,00272
490	490000	1115	0,558	27,667	2,788	0,00279
480	480000	1142	0,571	27,102	2,855	0,00286

Lanjutan Lampiran 5.10 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
470	470000	1165	0,583	26,538	2,913	0,00291
460	460000	1196	0,598	25,973	2,990	0,00299
450	450000	1217	0,609	25,408	3,043	0,00304
440	440000	1244	0,622	24,844	3,110	0,00311



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B30S1

Lampiran 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S2

Data Sampel B30S2		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	31,4	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	300,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	555,3	kN
	555300	N
40% Beban maksimum (S_2)	12,563	kN
	12562,630	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00056	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,566	0,008	0,00001
20	20000	12	0,006	1,132	0,030	0,00003
30	30000	20	0,010	1,698	0,050	0,00005
40	40000	31	0,016	2,264	0,078	0,00008
50	50000	39	0,020	2,829	0,098	0,00010
60	60000	48	0,024	3,395	0,120	0,00012
70	70000	59	0,030	3,961	0,148	0,00015
80	80000	69	0,035	4,527	0,173	0,00017
90	90000	79	0,040	5,093	0,198	0,00020
100	100000	88	0,044	5,659	0,220	0,00022
110	110000	99	0,050	6,225	0,248	0,00025
120	120000	109	0,055	6,791	0,273	0,00027

Lanjutan Lampiran 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S2

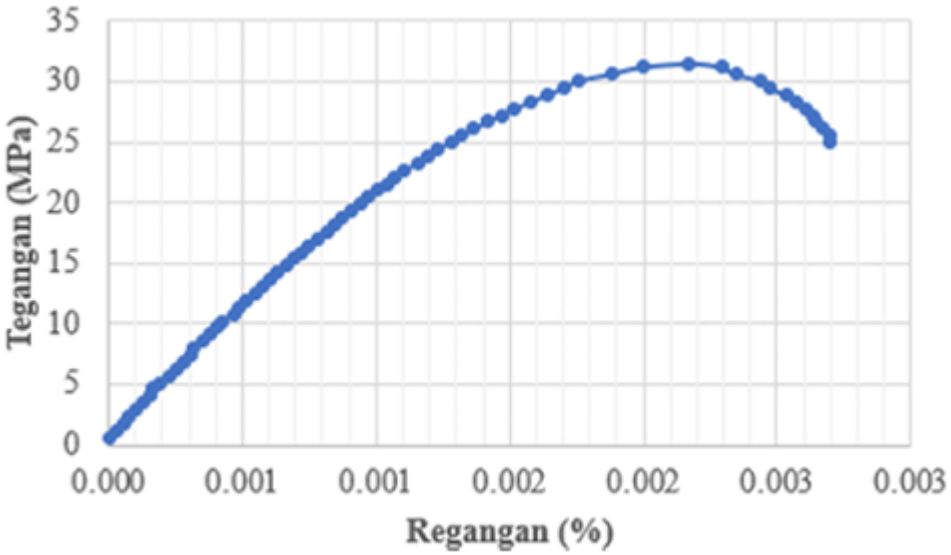
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	120	0,060	7,356	0,300	0,00030
140	140000	130	0,065	7,922	0,325	0,00033
150	150000	140	0,070	8,488	0,350	0,00035
160	160000	150	0,075	9,054	0,375	0,00038
170	170000	161	0,081	9,620	0,403	0,00040
180	180000	173	0,087	10,186	0,433	0,00043
190	190000	184	0,092	10,752	0,460	0,00046
200	200000	197	0,099	11,318	0,493	0,00049
210	210000	209	0,105	11,884	0,523	0,00052
220	220000	220	0,110	12,449	0,550	0,00055
230	230000	232	0,116	13,015	0,580	0,00058
240	240000	243	0,122	13,581	0,608	0,00061
250	250000	254	0,127	14,147	0,635	0,00064
260	260000	265	0,133	14,713	0,663	0,00066
270	270000	276	0,138	15,279	0,690	0,00069
280	280000	287	0,144	15,845	0,718	0,00072
290	290000	298	0,149	16,411	0,745	0,00075
300	300000	311	0,156	16,977	0,778	0,00078
310	310000	325	0,163	17,542	0,813	0,00081
320	320000	335	0,168	18,108	0,838	0,00084
330	330000	348	0,174	18,674	0,870	0,00087
340	340000	362	0,181	19,240	0,905	0,00091
350	350000	375	0,188	19,806	0,938	0,00094
360	360000	386	0,193	20,372	0,965	0,00097
370	370000	400	0,200	20,938	1,000	0,00100
380	380000	415	0,208	21,504	1,038	0,00104
390	390000	430	0,215	22,069	1,075	0,00108

Lanjutan Lampiran 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	445	0,223	22,635	1,113	0,00111
410	410000	462	0,231	23,201	1,155	0,00116
420	420000	478	0,239	23,767	1,195	0,00120
430	430000	494	0,247	24,333	1,235	0,00124
440	440000	511	0,256	24,899	1,278	0,00128
450	450000	529	0,265	25,465	1,323	0,00132
460	460000	546	0,273	26,031	1,365	0,00137
470	470000	566	0,283	26,597	1,415	0,00142
480	480000	587	0,294	27,162	1,468	0,00147
490	490000	609	0,305	27,728	1,523	0,00152
500	500000	633	0,317	28,294	1,583	0,00158
510	510000	658	0,329	28,860	1,645	0,00165
520	520000	682	0,341	29,426	1,705	0,00171
530	530000	704	0,352	29,992	1,760	0,00176
540	540000	752	0,376	30,558	1,880	0,00188
550	550000	797	0,399	31,124	1,993	0,00199
555	555000	871	0,436	31,407	2,178	0,00218
550	550000	915	0,458	31,124	2,288	0,00229
540	540000	936	0,468	30,558	2,340	0,00234
530	530000	972	0,486	29,992	2,430	0,00243
520	520000	986	0,493	29,426	2,465	0,00247
510	510000	1012	0,506	28,860	2,530	0,00253
500	500000	1029	0,515	28,294	2,573	0,00257
490	490000	1043	0,522	27,728	2,608	0,00261
480	480000	1052	0,526	27,162	2,630	0,00263
470	470000	1060	0,530	26,597	2,650	0,00265

Lanjutan Lampiran 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
460	460000	1069	0,535	26,031	2,673	0,00267
450	450000	1076	0,538	25,465	2,690	0,00269
440	440000	1082	0,541	24,899	2,705	0,00271



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B30S2

Lampiran 5.12 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S3

Data Sampel B30S3		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	31	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	301,3	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	548,2	kN
	548200	N
40% Beban maksimum (S_2)	12,404	kN
	12404,183	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00045	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	2	0,001	0,566	0,005	0,00001
20	20000	11	0,006	1,132	0,028	0,00003
30	30000	19	0,010	1,698	0,048	0,00005
40	40000	25	0,013	2,264	0,063	0,00006
50	50000	33	0,017	2,829	0,083	0,00008
60	60000	40	0,020	3,395	0,100	0,00010
70	70000	48	0,024	3,961	0,120	0,00012
80	80000	56	0,028	4,527	0,140	0,00014
90	90000	65	0,033	5,093	0,163	0,00016
100	100000	74	0,037	5,659	0,185	0,00019
110	110000	82	0,041	6,225	0,205	0,00021
120	120000	91	0,046	6,791	0,228	0,00023

Lanjutan Lampiran 5.12 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S3

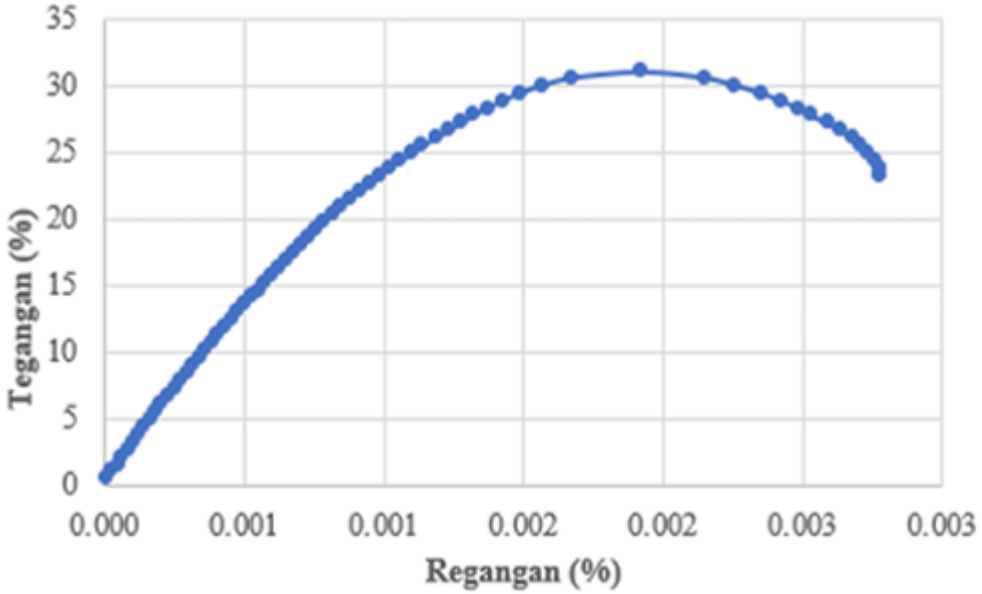
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	101	0,051	7,356	0,253	0,00025
140	140000	110	0,055	7,922	0,275	0,00028
150	150000	119	0,060	8,488	0,298	0,00030
160	160000	128	0,064	9,054	0,320	0,00032
170	170000	136	0,068	9,620	0,340	0,00034
180	180000	145	0,073	10,186	0,363	0,00036
190	190000	154	0,077	10,752	0,385	0,00039
200	200000	163	0,082	11,318	0,408	0,00041
210	210000	172	0,086	11,884	0,430	0,00043
220	220000	181	0,091	12,449	0,453	0,00045
230	230000	191	0,096	13,015	0,478	0,00048
240	240000	200	0,100	13,581	0,500	0,00050
250	250000	210	0,105	14,147	0,525	0,00053
260	260000	220	0,110	14,713	0,550	0,00055
270	270000	230	0,115	15,279	0,575	0,00058
280	280000	240	0,120	15,845	0,600	0,00060
290	290000	250	0,125	16,411	0,625	0,00063
300	300000	260	0,130	16,977	0,650	0,00065
310	310000	270	0,135	17,542	0,675	0,00068
320	320000	281	0,141	18,108	0,703	0,00070
330	330000	292	0,146	18,674	0,730	0,00073
340	340000	304	0,152	19,240	0,760	0,00076
350	350000	315	0,158	19,806	0,788	0,00079
360	360000	328	0,164	20,372	0,820	0,00082
370	370000	339	0,170	20,938	0,848	0,00085
380	380000	351	0,176	21,504	0,878	0,00088
390	390000	365	0,183	22,069	0,913	0,00091

Lanjutan Lampiran 5.12 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	379	0,190	22,635	0,948	0,00095
410	410000	394	0,197	23,201	0,985	0,00099
420	420000	407	0,204	23,767	1,018	0,00102
430	430000	423	0,212	24,333	1,058	0,00106
440	440000	440	0,220	24,899	1,100	0,00110
450	450000	456	0,228	25,465	1,140	0,00114
460	460000	474	0,237	26,031	1,185	0,00119
470	470000	493	0,247	26,597	1,233	0,00123
480	480000	510	0,255	27,162	1,275	0,00128
490	490000	529	0,265	27,728	1,323	0,00132
500	500000	548	0,274	28,294	1,370	0,00137
510	510000	570	0,285	28,860	1,425	0,00143
520	520000	595	0,298	29,426	1,488	0,00149
530	530000	627	0,314	29,992	1,568	0,00157
540	540000	670	0,335	30,558	1,675	0,00168
548	548000	769	0,385	31,010	1,923	0,00192
540	540000	859	0,430	30,558	2,148	0,00215
530	530000	903	0,452	29,992	2,258	0,00226
520	520000	940	0,470	29,426	2,350	0,00235
510	510000	969	0,485	28,860	2,423	0,00242
500	500000	993	0,497	28,294	2,483	0,00248
490	490000	1012	0,506	27,728	2,530	0,00253
480	480000	1035	0,518	27,162	2,588	0,00259
470	470000	1053	0,527	26,597	2,633	0,00263
460	460000	1070	0,535	26,031	2,675	0,00268
450	450000	1082	0,541	25,465	2,705	0,00271
440	440000	1093	0,547	24,899	2,733	0,00273

Lanjutan Lampiran 5.12 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B30S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
430	430000	1103	0,552	24,333	2,758	0,00276
420	420000	1109	0,555	23,767	2,773	0,00277
410	410000	1112	0,556	23,201	2,780	0,00278



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B30S3

Lampiran 5.13 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S1

Data Sampel B35S1		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	28,1	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	300,3	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	497,4	kN
	497400	N
40% Beban maksimum (S_2)	11,250	kN
	11249,779	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00038	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	2	0,001	0,566	0,005	0,00001
20	20000	10	0,005	1,132	0,025	0,00003
30	30000	18	0,009	1,698	0,045	0,00005
40	40000	25	0,013	2,264	0,063	0,00006
50	50000	31	0,016	2,829	0,078	0,00008
60	60000	40	0,020	3,395	0,100	0,00010
70	70000	48	0,024	3,961	0,120	0,00012
80	80000	56	0,028	4,527	0,140	0,00014
90	90000	63	0,032	5,093	0,158	0,00016
100	100000	70	0,035	5,659	0,175	0,00018
110	110000	79	0,040	6,225	0,198	0,00020
120	120000	87	0,044	6,791	0,218	0,00022

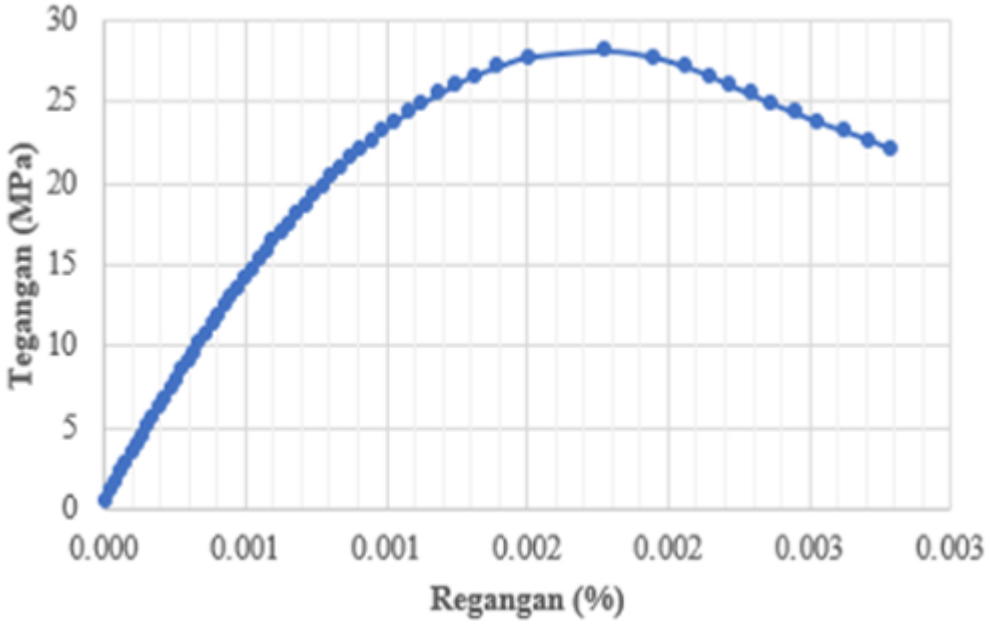
Lanjutan Lampiran 5.13 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	95	0,048	7,356	0,238	0,00024
140	140000	104	0,052	7,922	0,260	0,00026
150	150000	110	0,055	8,488	0,275	0,00028
160	160000	120	0,060	9,054	0,300	0,00030
170	170000	129	0,065	9,620	0,323	0,00032
180	180000	136	0,068	10,186	0,340	0,00034
190	190000	144	0,072	10,752	0,360	0,00036
200	200000	154	0,077	11,318	0,385	0,00039
210	210000	163	0,082	11,884	0,408	0,00041
220	220000	172	0,086	12,449	0,430	0,00043
230	230000	180	0,090	13,015	0,450	0,00045
240	240000	190	0,095	13,581	0,475	0,00048
250	250000	200	0,100	14,147	0,500	0,00050
260	260000	210	0,105	14,713	0,525	0,00053
270	270000	220	0,110	15,279	0,550	0,00055
280	280000	230	0,115	15,845	0,575	0,00058
290	290000	240	0,120	16,411	0,600	0,00060
300	300000	251	0,126	16,977	0,628	0,00063
310	310000	263	0,132	17,542	0,658	0,00066
320	320000	274	0,137	18,108	0,685	0,00069
330	330000	286	0,143	18,674	0,715	0,00072
340	340000	297	0,149	19,240	0,743	0,00074
350	350000	310	0,155	19,806	0,775	0,00078
360	360000	323	0,162	20,372	0,808	0,00081
370	370000	335	0,168	20,938	0,838	0,00084
380	380000	350	0,175	21,504	0,875	0,00088
390	390000	365	0,183	22,069	0,913	0,00091

Lanjutan Lampiran 5.13 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	380	0,190	22,635	0,950	0,00095
410	410000	396	0,198	23,201	0,990	0,00099
420	420000	412	0,206	23,767	1,030	0,00103
430	430000	431	0,216	24,333	1,078	0,00108
440	440000	451	0,226	24,899	1,128	0,00113
450	450000	474	0,237	25,465	1,185	0,00119
460	460000	498	0,249	26,031	1,245	0,00125
470	470000	525	0,263	26,597	1,313	0,00131
480	480000	559	0,280	27,162	1,398	0,00140
490	490000	602	0,301	27,728	1,505	0,00151
497	497000	709	0,355	28,124	1,773	0,00177
490	490000	779	0,390	27,728	1,948	0,00195
480	480000	825	0,413	27,162	2,063	0,00206
470	470000	858	0,429	26,597	2,145	0,00215
460	460000	886	0,443	26,031	2,215	0,00222
450	450000	918	0,459	25,465	2,295	0,00230
440	440000	946	0,473	24,899	2,365	0,00237
430	430000	979	0,490	24,333	2,448	0,00245
420	420000	1012	0,506	23,767	2,530	0,00253
410	410000	1049	0,525	23,201	2,623	0,00262
400	400000	1086	0,543	22,635	2,715	0,00272
390	390000	1117	0,559	22,069	2,793	0,00279

Lanjutan Lampiran 5.13 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S1



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B35S1

Lampiran 5.14 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S2

Data Sampel B35S2		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	32,1	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	301,3	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	567,4	kN
	567400	N
40% Beban maksimum (S_2)	12,834	kN
	12834,255	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00057	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	2	0,001	0,566	0,005	0,00001
20	20000	10	0,005	1,132	0,025	0,00003
30	30000	18	0,009	1,698	0,045	0,00005
40	40000	27	0,014	2,264	0,068	0,00007
50	50000	37	0,019	2,829	0,093	0,00009
60	60000	47	0,024	3,395	0,118	0,00012
70	70000	58	0,029	3,961	0,145	0,00015
80	80000	69	0,035	4,527	0,173	0,00017
90	90000	80	0,040	5,093	0,200	0,00020
100	100000	86	0,043	5,659	0,215	0,00022
110	110000	96	0,048	6,225	0,240	0,00024
120	120000	107	0,054	6,791	0,268	0,00027

Lanjutan Lampiran 5.14 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S2

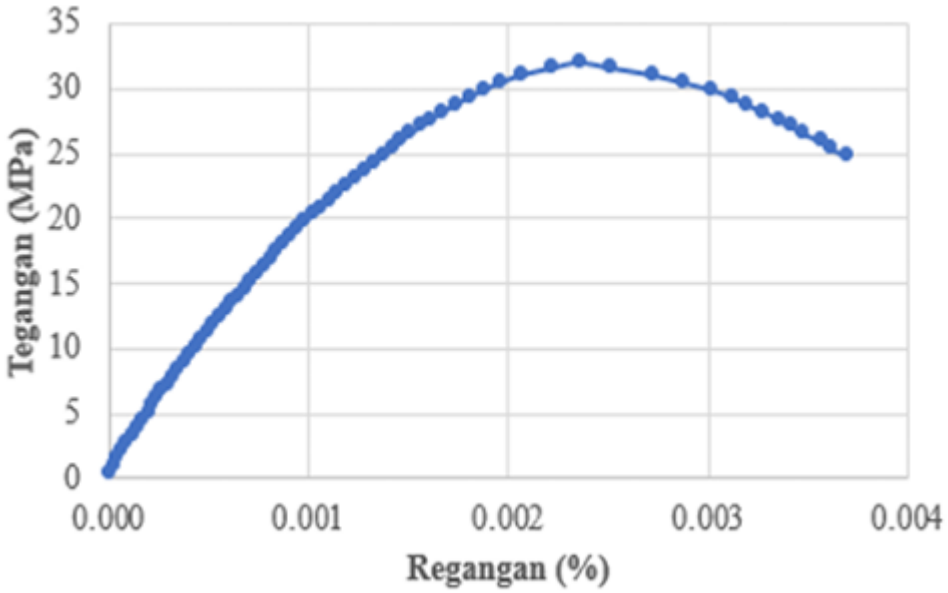
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	118	0,059	7,356	0,295	0,00030
140	140000	129	0,065	7,922	0,323	0,00032
150	150000	140	0,070	8,488	0,350	0,00035
160	160000	151	0,076	9,054	0,378	0,00038
170	170000	162	0,081	9,620	0,405	0,00041
180	180000	174	0,087	10,186	0,435	0,00044
190	190000	186	0,093	10,752	0,465	0,00047
200	200000	198	0,099	11,318	0,495	0,00050
210	210000	210	0,105	11,884	0,525	0,00053
220	220000	221	0,111	12,449	0,553	0,00055
230	230000	234	0,117	13,015	0,585	0,00059
240	240000	246	0,123	13,581	0,615	0,00062
250	250000	259	0,130	14,147	0,648	0,00065
260	260000	272	0,136	14,713	0,680	0,00068
270	270000	285	0,143	15,279	0,713	0,00071
280	280000	298	0,149	15,845	0,745	0,00075
290	290000	311	0,156	16,411	0,778	0,00078
300	300000	325	0,163	16,977	0,813	0,00081
310	310000	334	0,167	17,542	0,835	0,00084
320	320000	348	0,174	18,108	0,870	0,00087
330	330000	363	0,182	18,674	0,908	0,00091
340	340000	377	0,189	19,240	0,943	0,00094
350	350000	393	0,197	19,806	0,983	0,00098
360	360000	410	0,205	20,372	1,025	0,00103
370	370000	426	0,213	20,938	1,065	0,00107
380	380000	441	0,221	21,504	1,103	0,00110
390	390000	458	0,229	22,069	1,145	0,00115

Lanjutan Lampiran 5.14 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	475	0,238	22,635	1,188	0,00119
410	410000	492	0,246	23,201	1,230	0,00123
420	420000	511	0,256	23,767	1,278	0,00128
430	430000	530	0,265	24,333	1,325	0,00133
440	440000	549	0,275	24,899	1,373	0,00137
450	450000	571	0,286	25,465	1,428	0,00143
460	460000	583	0,292	26,031	1,458	0,00146
470	470000	604	0,302	26,597	1,510	0,00151
480	480000	624	0,312	27,162	1,560	0,00156
490	490000	645	0,323	27,728	1,613	0,00161
500	500000	669	0,335	28,294	1,673	0,00167
510	510000	694	0,347	28,860	1,735	0,00174
520	520000	722	0,361	29,426	1,805	0,00181
530	530000	751	0,376	29,992	1,878	0,00188
540	540000	784	0,392	30,558	1,960	0,00196
550	550000	826	0,413	31,124	2,065	0,00207
560	560000	890	0,445	31,690	2,225	0,00223
567	567000	942	0,471	32,086	2,355	0,00236
560	560000	1003	0,502	31,690	2,508	0,00251
550	550000	1089	0,545	31,124	2,723	0,00272
540	540000	1150	0,575	30,558	2,875	0,00288
530	530000	1206	0,603	29,992	3,015	0,00302
520	520000	1247	0,624	29,426	3,118	0,00312
510	510000	1277	0,639	28,860	3,193	0,00319
500	500000	1311	0,656	28,294	3,278	0,00328
490	490000	1342	0,671	27,728	3,355	0,00336
480	480000	1367	0,684	27,162	3,418	0,00342

Lanjutan Lampiran 5.14 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
470	470000	1391	0,696	26,597	3,478	0,00348
460	460000	1426	0,713	26,031	3,565	0,00357
450	450000	1444	0,722	25,465	3,610	0,00361
440	440000	1478	0,739	24,899	3,695	0,00370



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B35S2

Lampiran 5.15 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S3

Data Sampel B35S3		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	32,7	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	300,3	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	578,5	kN
	578500	N
40% Beban maksimum (S_2)	13,083	kN
	13083,244	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00061	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	2	0,001	0,566	0,005	0,00001
20	20000	11	0,006	1,132	0,028	0,00003
30	30000	21	0,011	1,698	0,053	0,00005
40	40000	32	0,016	2,264	0,080	0,00008
50	50000	42	0,021	2,829	0,105	0,00011
60	60000	54	0,027	3,395	0,135	0,00014
70	70000	65	0,033	3,961	0,163	0,00016
80	80000	75	0,038	4,527	0,188	0,00019
90	90000	85	0,043	5,093	0,213	0,00021
100	100000	96	0,048	5,659	0,240	0,00024
110	110000	107	0,054	6,225	0,268	0,00027
120	120000	117	0,059	6,791	0,293	0,00029

Lanjutan Lampiran 5.15 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S3

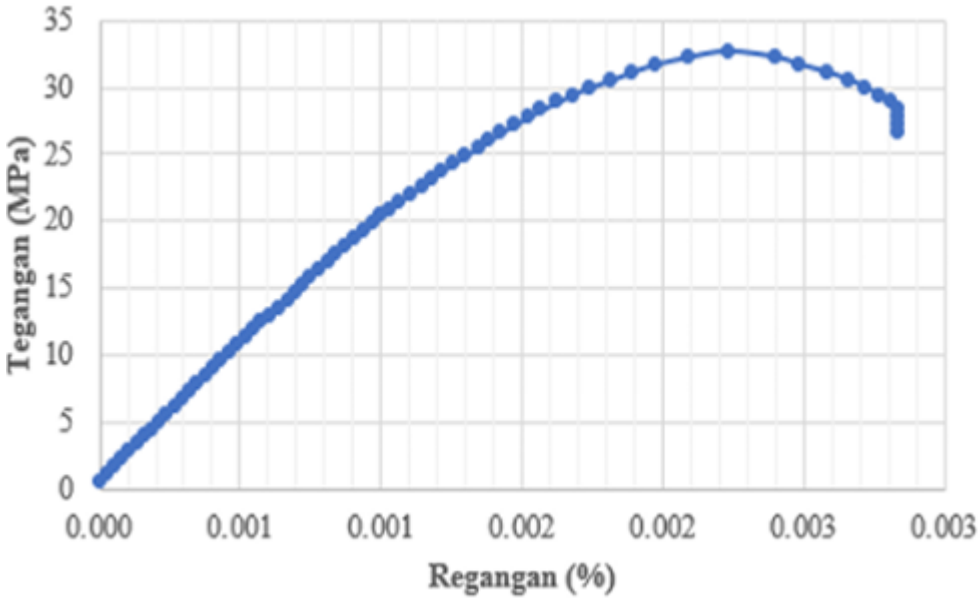
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	130	0,065	7,356	0,325	0,00033
140	140000	140	0,070	7,922	0,350	0,00035
150	150000	152	0,076	8,488	0,380	0,00038
160	160000	163	0,082	9,054	0,408	0,00041
170	170000	173	0,087	9,620	0,433	0,00043
180	180000	185	0,093	10,186	0,463	0,00046
190	190000	196	0,098	10,752	0,490	0,00049
200	200000	207	0,104	11,318	0,518	0,00052
210	210000	218	0,109	11,884	0,545	0,00055
220	220000	230	0,115	12,449	0,575	0,00058
230	230000	242	0,121	13,015	0,605	0,00061
240	240000	254	0,127	13,581	0,635	0,00064
250	250000	268	0,134	14,147	0,670	0,00067
260	260000	278	0,139	14,713	0,695	0,00070
270	270000	288	0,144	15,279	0,720	0,00072
280	280000	298	0,149	15,845	0,745	0,00075
290	290000	311	0,156	16,411	0,778	0,00078
300	300000	325	0,163	16,977	0,813	0,00081
310	310000	335	0,168	17,542	0,838	0,00084
320	320000	349	0,175	18,108	0,873	0,00087
330	330000	362	0,181	18,674	0,905	0,00091
340	340000	375	0,188	19,240	0,938	0,00094
350	350000	389	0,195	19,806	0,973	0,00097
360	360000	400	0,200	20,372	1,000	0,00100
370	370000	414	0,207	20,938	1,035	0,00104
380	380000	427	0,214	21,504	1,068	0,00107
390	390000	442	0,221	22,069	1,105	0,00111

Lanjutan Lampiran 5.15 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	458	0,229	22,635	1,145	0,00115
410	410000	473	0,237	23,201	1,183	0,00118
420	420000	487	0,244	23,767	1,218	0,00122
430	430000	503	0,252	24,333	1,258	0,00126
440	440000	520	0,260	24,899	1,300	0,00130
450	450000	538	0,269	25,465	1,345	0,00135
460	460000	554	0,277	26,031	1,385	0,00139
470	470000	570	0,285	26,597	1,425	0,00143
480	480000	588	0,294	27,162	1,470	0,00147
490	490000	608	0,304	27,728	1,520	0,00152
500	500000	627	0,314	28,294	1,568	0,00157
510	510000	649	0,325	28,860	1,623	0,00162
520	520000	672	0,336	29,426	1,680	0,00168
530	530000	697	0,349	29,992	1,743	0,00174
540	540000	728	0,364	30,558	1,820	0,00182
550	550000	756	0,378	31,124	1,890	0,00189
560	560000	789	0,395	31,690	1,973	0,00197
570	570000	836	0,418	32,255	2,090	0,00209
578	578000	892	0,446	32,708	2,230	0,00223
570	570000	961	0,481	32,255	2,403	0,00240
560	560000	995	0,498	31,690	2,488	0,00249
550	550000	1034	0,517	31,124	2,585	0,00259
540	540000	1065	0,533	30,558	2,663	0,00266
530	530000	1088	0,544	29,992	2,720	0,00272
520	520000	1106	0,553	29,426	2,765	0,00277
510	510000	1124	0,562	28,860	2,810	0,00281
500	500000	1133	0,567	28,294	2,833	0,00283

Lanjutan Lampiran 5.15 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi B35S3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
490	490000	1133	0,567	27,728	2,833	0,00283
480	480000	1133	0,567	27,162	2,833	0,00283
470	470000	1133	0,567	26,597	2,833	0,00283



Grafik Modulus Elastisitas Variasi B35S3

Lampiran 5.16 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN1

Data Sampel BN1		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	27,1	MPa
Luas penampang (A)	17750,0858	mm^2
Diameter (L)	150,3	mm
Tinggi (B)	301,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	480,6	kN
	480600	N
40% Beban maksimum (S_2)	10,839	kN
	10839,384	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,690	%
ε_2	0,00037	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	1	0,001	0,563	0,003	0,00000
20	20000	10	0,005	1,127	0,025	0,00003
30	30000	19	0,010	1,690	0,048	0,00005
40	40000	26	0,013	2,254	0,065	0,00007
50	50000	32	0,016	2,817	0,080	0,00008
60	60000	40	0,020	3,380	0,100	0,00010
70	70000	48	0,024	3,944	0,120	0,00012
80	80000	56	0,028	4,507	0,140	0,00014
90	90000	64	0,032	5,070	0,160	0,00016
100	100000	71	0,036	5,634	0,178	0,00018
110	110000	80	0,040	6,197	0,200	0,00020
120	120000	88	0,044	6,761	0,220	0,00022

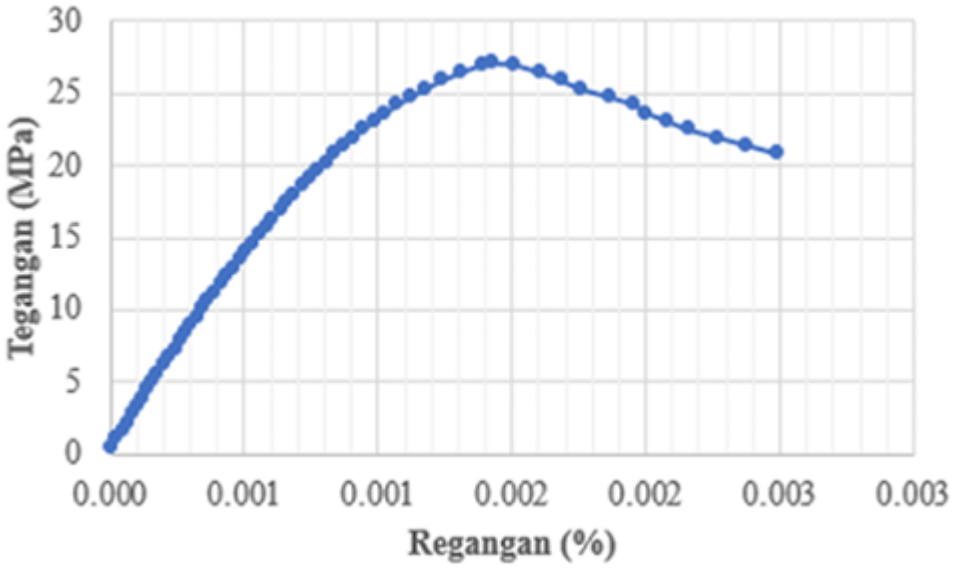
Lanjutan Lampiran 5.16 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	97	0,049	7,324	0,243	0,00024
140	140000	105	0,053	7,887	0,263	0,00026
150	150000	112	0,056	8,451	0,280	0,00028
160	160000	121	0,061	9,014	0,303	0,00030
170	170000	129	0,065	9,577	0,323	0,00032
180	180000	136	0,068	10,141	0,340	0,00034
190	190000	145	0,073	10,704	0,363	0,00036
200	200000	155	0,078	11,268	0,388	0,00039
210	210000	165	0,083	11,831	0,413	0,00041
220	220000	174	0,087	12,394	0,435	0,00044
230	230000	183	0,092	12,958	0,458	0,00046
240	240000	193	0,097	13,521	0,483	0,00048
250	250000	203	0,102	14,084	0,508	0,00051
260	260000	213	0,107	14,648	0,533	0,00053
270	270000	223	0,112	15,211	0,558	0,00056
280	280000	233	0,117	15,775	0,583	0,00058
290	290000	243	0,122	16,338	0,608	0,00061
300	300000	255	0,128	16,901	0,638	0,00064
310	310000	264	0,132	17,465	0,660	0,00066
320	320000	275	0,138	18,028	0,688	0,00069
330	330000	286	0,143	18,591	0,715	0,00072
340	340000	297	0,149	19,155	0,743	0,00074
350	350000	309	0,155	19,718	0,773	0,00077
360	360000	322	0,161	20,282	0,805	0,00081
370	370000	334	0,167	20,845	0,835	0,00084
380	380000	348	0,174	21,408	0,870	0,00087
390	390000	363	0,182	21,972	0,908	0,00091

Lanjutan Lampiran 5.16 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN1

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	378	0,189	22,535	0,945	0,00095
410	410000	395	0,198	23,098	0,988	0,00099
420	420000	411	0,206	23,662	1,028	0,00103
430	430000	429	0,215	24,225	1,073	0,00107
440	440000	449	0,225	24,789	1,123	0,00112
450	450000	472	0,236	25,352	1,180	0,00118
460	460000	495	0,248	25,915	1,238	0,00124
470	470000	523	0,262	26,479	1,308	0,00131
480	480000	557	0,279	27,042	1,393	0,00139
481	481000	572	0,286	27,098	1,430	0,00143
480	480000	601	0,301	27,042	1,503	0,00150
470	470000	642	0,321	26,479	1,605	0,00161
460	460000	673	0,337	25,915	1,683	0,00168
450	450000	702	0,351	25,352	1,755	0,00176
440	440000	745	0,373	24,789	1,863	0,00186
430	430000	782	0,391	24,225	1,955	0,00196
420	420000	801	0,401	23,662	2,003	0,00200
410	410000	832	0,416	23,098	2,080	0,00208
400	400000	863	0,432	22,535	2,158	0,00216
390	390000	906	0,453	21,972	2,265	0,00227
380	380000	951	0,476	21,408	2,378	0,00238
370	370000	997	0,499	20,845	2,493	0,00249

Lanjutan Lampiran 5.16 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN1



Grafik Modulus Elastisitas Beton Normal BN1

Lampiran 5.17 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN2

Data Sampel BN2		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	31,7	MPa
Luas penampang (A)	17710,7504	mm^2
Diameter (L)	150,2	mm
Tinggi (B)	300,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	561,3	kN
	561300	N
40% Beban maksimum (S_2)	12,670	kN
	12670,271	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,694	%
ε_2	0,00057	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	4	0,002	0,565	0,0100	0,00001
20	20000	13	0,007	1,129	0,0325	0,00003
30	30000	21	0,011	1,694	0,0525	0,00005
40	40000	32	0,016	2,259	0,0800	0,00008
50	50000	42	0,021	2,823	0,1050	0,00011
60	60000	52	0,026	3,388	0,1300	0,00013
70	70000	62	0,031	3,952	0,1550	0,00016
80	80000	71	0,036	4,517	0,1775	0,00018
90	90000	80	0,040	5,082	0,2000	0,00020
100	100000	89	0,045	5,646	0,2225	0,00022
110	110000	98	0,049	6,211	0,2450	0,00025
120	120000	108	0,054	6,776	0,2700	0,00027

Lanjutan Lampiran 5.17 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN2

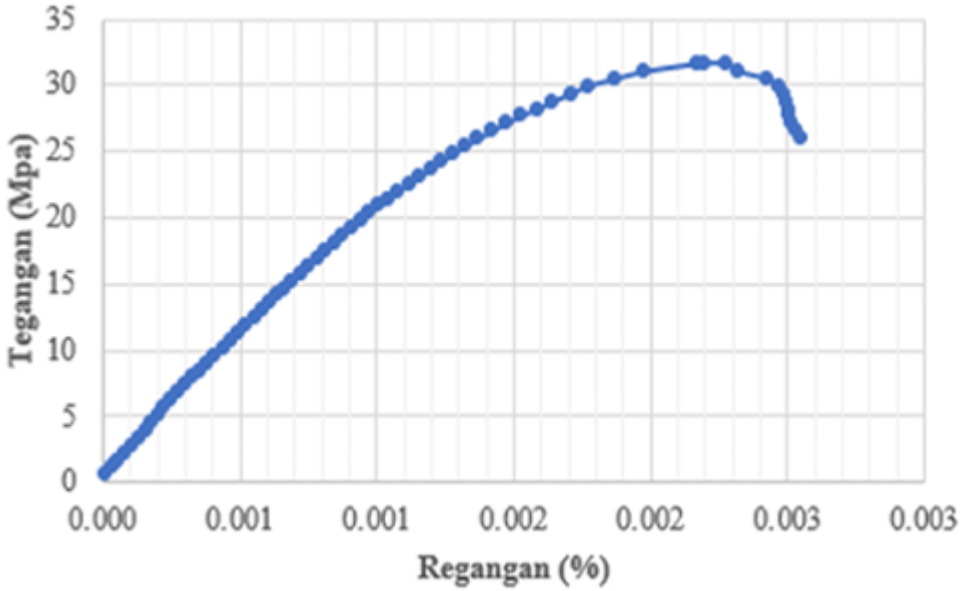
Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	120	0,060	7,340	0,3000	0,00030
140	140000	131	0,066	7,905	0,3275	0,00033
150	150000	142	0,071	8,469	0,3550	0,00036
160	160000	151	0,076	9,034	0,3775	0,00038
170	170000	163	0,082	9,599	0,4075	0,00041
180	180000	175	0,088	10,163	0,4375	0,00044
190	190000	186	0,093	10,728	0,4650	0,00047
200	200000	198	0,099	11,293	0,4950	0,00050
210	210000	209	0,105	11,857	0,5225	0,00052
220	220000	221	0,111	12,422	0,5525	0,00055
230	230000	234	0,117	12,986	0,5850	0,00059
240	240000	244	0,122	13,551	0,6100	0,00061
250	250000	255	0,128	14,116	0,6375	0,00064
260	260000	266	0,133	14,680	0,6650	0,00067
270	270000	277	0,139	15,245	0,6925	0,00069
280	280000	288	0,144	15,810	0,7200	0,00072
290	290000	299	0,150	16,374	0,7475	0,00075
300	300000	313	0,157	16,939	0,7825	0,00078
310	310000	326	0,163	17,503	0,8150	0,00082
320	320000	338	0,169	18,068	0,8450	0,00085
330	330000	350	0,175	18,633	0,8750	0,00088
340	340000	364	0,182	19,197	0,9100	0,00091
350	350000	377	0,189	19,762	0,9425	0,00094
360	360000	389	0,195	20,327	0,9725	0,00097
370	370000	403	0,202	20,891	1,0075	0,00101
380	380000	418	0,209	21,456	1,0450	0,00105
390	390000	432	0,216	22,021	1,0800	0,00108

Lanjutan Lampiran 5.17 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	448	0,224	22,585	1,1200	0,00112
410	410000	464	0,232	23,150	1,1600	0,00116
420	420000	480	0,240	23,714	1,2000	0,00120
430	430000	495	0,248	24,279	1,2375	0,00124
440	440000	512	0,256	24,844	1,2800	0,00128
450	450000	530	0,265	25,408	1,3250	0,00133
460	460000	548	0,274	25,973	1,3700	0,00137
470	470000	568	0,284	26,538	1,4200	0,00142
480	480000	588	0,294	27,102	1,4700	0,00147
490	490000	610	0,305	27,667	1,5250	0,00153
500	500000	635	0,318	28,231	1,5875	0,00159
510	510000	658	0,329	28,796	1,6450	0,00165
520	520000	683	0,342	29,361	1,7075	0,00171
530	530000	708	0,354	29,925	1,7700	0,00177
540	540000	748	0,374	30,490	1,8700	0,00187
550	550000	792	0,396	31,055	1,9800	0,00198
560	560000	867	0,434	31,619	2,1675	0,00217
561	561000	879	0,440	31,676	2,1975	0,00220
560	560000	911	0,456	31,619	2,2775	0,00228
550	550000	928	0,464	31,055	2,3200	0,00232
540	540000	969	0,485	30,490	2,4225	0,00242
530	530000	987	0,494	29,925	2,4675	0,00247
520	520000	995	0,498	29,361	2,4875	0,00249
510	510000	999	0,500	28,796	2,4975	0,00250
500	500000	1001	0,501	28,231	2,5025	0,00250
490	490000	1002	0,501	27,667	2,5050	0,00251

Lanjutan Lampiran 5.17 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN2

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
480	480000	1005	0,503	27,102	2,5125	0,00251
470	470000	1012	0,506	26,538	2,5300	0,00253
460	460000	1021	0,511	25,973	2,5525	0,00255



Grafik Modulus Elastisitas Beton Normal BN2

Lampiran 5.18 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN3

Data Sampel BN3		
Mutu beton rencana	21	MPa
Umur uji	28	hari
Mutu beton hasil uji	29,7	MPa
Luas penampang (A)	17671,4587	mm^2
Diameter (L)	150	mm
Tinggi (B)	300,7	mm
Panjang awal (L_o)	200	mm
Beban maksimum (P)	525,2	kN
	525200	N
40% Beban maksimum (S_2)	11,884	kN
	11883,569	N
Nilai tegangan pada saat regangan 0,00005 (S_1)	1,698	%
ε_2	0,00046	%

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
10	10000	3	0,002	0,566	0,008	0,00001
20	20000	10	0,005	1,132	0,025	0,00003
30	30000	18	0,009	1,698	0,045	0,00005
40	40000	27	0,014	2,264	0,068	0,00007
50	50000	37	0,019	2,829	0,093	0,00009
60	60000	45	0,023	3,395	0,113	0,00011
70	70000	55	0,028	3,961	0,138	0,00014
80	80000	64	0,032	4,527	0,160	0,00016
90	90000	72	0,036	5,093	0,180	0,00018
100	100000	78	0,039	5,659	0,195	0,00020
110	110000	85	0,043	6,225	0,213	0,00021
120	120000	95	0,048	6,791	0,238	0,00024

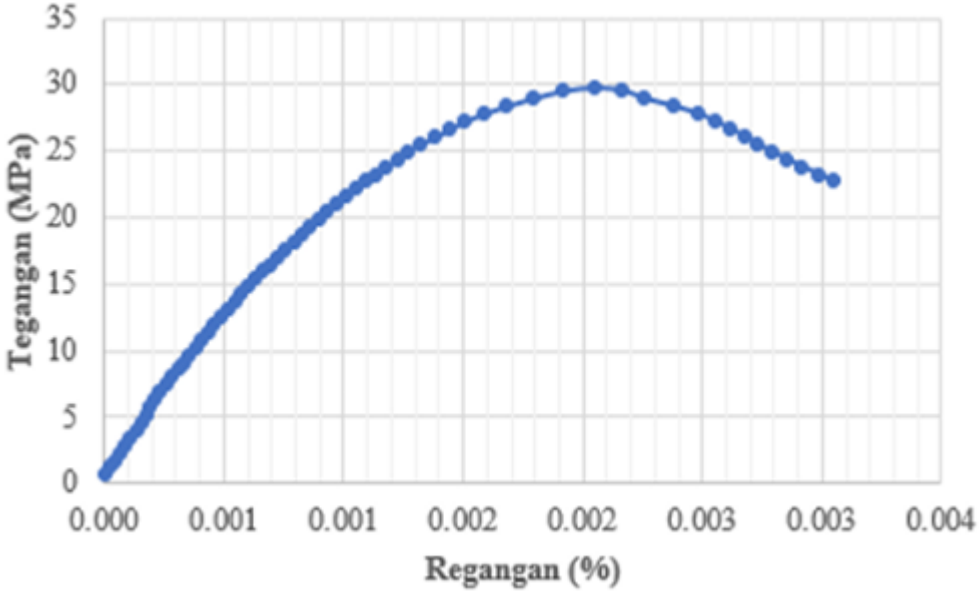
Lanjutan Lampiran 5.18 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
130	130000	105	0,053	7,356	0,263	0,00026
140	140000	115	0,058	7,922	0,288	0,00029
150	150000	125	0,063	8,488	0,313	0,00031
160	160000	134	0,067	9,054	0,335	0,00034
170	170000	144	0,072	9,620	0,360	0,00036
180	180000	154	0,077	10,186	0,385	0,00039
190	190000	164	0,082	10,752	0,410	0,00041
200	200000	175	0,088	11,318	0,438	0,00044
210	210000	185	0,093	11,884	0,463	0,00046
220	220000	195	0,098	12,449	0,488	0,00049
230	230000	207	0,104	13,015	0,518	0,00052
240	240000	219	0,110	13,581	0,548	0,00055
250	250000	231	0,116	14,147	0,578	0,00058
260	260000	243	0,122	14,713	0,608	0,00061
270	270000	254	0,127	15,279	0,635	0,00064
280	280000	266	0,133	15,845	0,665	0,00067
290	290000	279	0,140	16,411	0,698	0,00070
300	300000	292	0,146	16,977	0,730	0,00073
310	310000	305	0,153	17,542	0,763	0,00076
320	320000	318	0,159	18,108	0,795	0,00080
330	330000	333	0,167	18,674	0,833	0,00083
340	340000	346	0,173	19,240	0,865	0,00087
350	350000	361	0,181	19,806	0,903	0,00090
360	360000	375	0,188	20,372	0,938	0,00094
370	370000	388	0,194	20,938	0,970	0,00097
380	380000	405	0,203	21,504	1,013	0,00101
390	390000	421	0,211	22,069	1,053	0,00105

Lanjutan Lampiran 5.18 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN3

Beban (P)		**Dial**	**Deformasi (ΔL)**	**Tegangan** (δ)	**Regangan** (ε)	**Regangan** (ε)
kN	**N**	**… x 10^3 mm**	**mm**	**MPa**	**mm**	**%**
400	400000	437	0,219	22,635	1,093	0,00109
410	410000	456	0,228	23,201	1,140	0,00114
420	420000	473	0,237	23,767	1,183	0,00118
430	430000	491	0,246	24,333	1,228	0,00123
440	440000	507	0,254	24,899	1,268	0,00127
450	450000	530	0,265	25,465	1,325	0,00133
460	460000	556	0,278	26,031	1,390	0,00139
470	470000	579	0,290	26,597	1,448	0,00145
480	480000	604	0,302	27,162	1,510	0,00151
490	490000	636	0,318	27,728	1,590	0,00159
500	500000	673	0,337	28,294	1,683	0,00168
510	510000	717	0,359	28,860	1,793	0,00179
520	520000	768	0,384	29,426	1,920	0,00192
525	525000	823	0,412	29,709	2,058	0,00206
520	520000	869	0,435	29,426	2,173	0,00217
510	510000	906	0,453	28,860	2,265	0,00227
500	500000	955	0,478	28,294	2,388	0,00239
490	490000	994	0,497	27,728	2,485	0,00249
480	480000	1023	0,512	27,162	2,558	0,00256
470	470000	1048	0,524	26,597	2,620	0,00262
460	460000	1072	0,536	26,031	2,680	0,00268
450	450000	1093	0,547	25,465	2,733	0,00273
440	440000	1117	0,559	24,899	2,793	0,00279
430	430000	1142	0,571	24,333	2,855	0,00286
420	420000	1169	0,585	23,767	2,923	0,00292
410	410000	1196	0,598	23,201	2,990	0,00299
400	400000	1222	0,611	22,635	3,055	0,00306

Lanjutan Lampiran 5.18 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal BN3

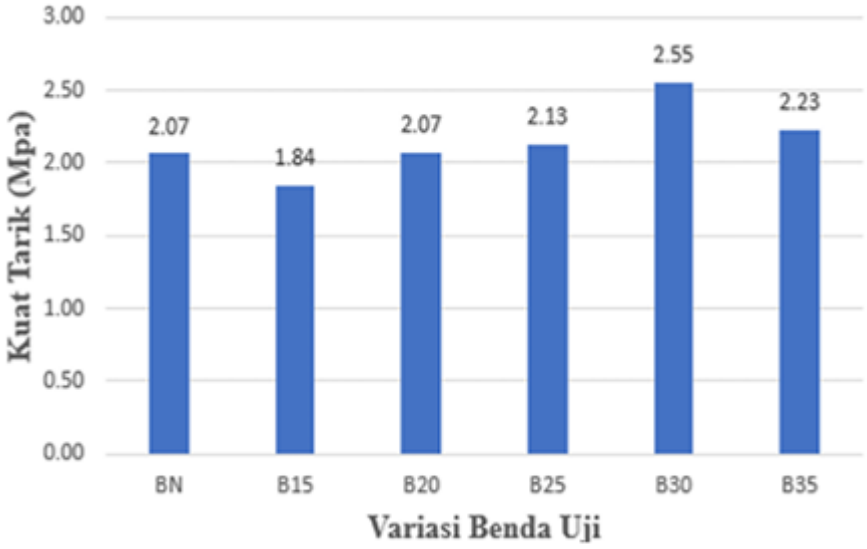


Grafik Modulus Elastisitas Beton Normal BN3

Lampiran L.6 Laporan Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Variasi (%)	Kode Sampel	Diameter (mm)	Luas (mm^2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)
BN	BN4	151,3	143103,73	129	1,80	2,07
	BN5	150,7	142157,77	159	2,24	
	BN6	151,0	142788,53	154	2,16	
15	B21A4	150,7	142157,77	173	2,43	1,84
	B21A5	151,0	142630,40	107	1,50	
	B21A6	150,3	142000,69	113	1,59	
20	B21B4	151,3	143262,21	137	1,91	2,07
	B21B5	150,3	142158,11	144	2,03	
	B21B6	151,0	142472,27	162	2,27	
25	B21C4	150,7	142157,77	139	1,96	2,13
	B21C5	150,3	141843,26	163	2,30	
	B21C6	150,3	142315,54	151	2,12	
30	B21D4	151,7	143101,29	174	2,43	2,55
	B21D5	151,0	142472,27	202	2,84	
	B21D6	150,7	142788,88	170	2,38	
35	B21E4	150,3	142158,11	154	2,17	2,23
	B21E5	151,3	143103,73	181	2,53	
	B21E6	151,0	142472,27	141	1,98	



Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi

Lampiran L.7 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-7.1 Agregat Kasar Celereng



Agregat L-7.2 Agregat Halus Pasir Sungai Progo



Agregat L-7.3 Agregat Halus Pasir Pantai Nias



Agregat L-7.4 Semen Tiga Roda



Agregat L-7.5 Ember



Agregat L-7.6 Timbangan Digital



Agregat L-7.7 Sekop Material



Agregat L-7.8 Saringan Agregat



Gambar L-7.9 Oven



Gambar L-7.10 *Piknometer*



Agregat L-7.11 Mesin Pengguncang Agregat



Agregat L-7.12 Angkong



Agregat L-7.13 Cetakan Silinder Beton



Agregat L-7.14 Kerucut Abrams



Agregat L-7.15 *Concrete Mixer*



Gambar L-7.16 Mesin Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas



Gambar L-7.17 *Dial Gauge*



Gambar L-7.18 Mesin Pengujian Kuat Tarik Belah



Gambar L-7.19 Cetakan *Capping* Beton



Gambar L-7.20 Alat Ukur Mistar Baja/Penggaris