

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* PADA PEKERJAAN FONDASI GEDUNG (*APPLICATION VALUE ENGINEERING OF BUILDING FOUNDATION*)

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY)

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



**Ilham Aji Saputro
18511101**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* PADA PEKERJAAN
FONDASI GEDUNG
(*APPLICATION VALUE ENGINEERING OF BUILDING
FOUNDATION*)**

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY)

Disusun oleh :

**Ilham Aji Saputro
18511101**

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

Diuji pada tanggal 30 Januari 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIK : 005110101



Ir. Vendie Abima, S.T., M.T.
NIK : 155111310

Penguji II

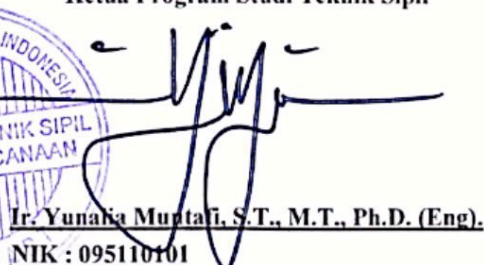


Tri Nugroho Sulistiantoro, S.T., M.T.
NIK : 195110502

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Ir. Yunaka Murtali, S.T., M.T., Ph.D. (Eng).
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 01 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Ilham Aji Saputro
(18511101)

HALAMAN DEDIKASI

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang sangat saya cintai.

Karena berkat ridho, dukungan dan jerih payah serta keringat dari kedua orang tua saya, saya dapat menempuh pendidikan sampai pada jenjang ini dan saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala Tuhan seluruh alam yang karena kehadiran dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan *Value Engineering* Pada Pekerjaan Fondasi Gedung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY)”.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan sebagai syarat untuk menyelesaikan Studi Program Strata Satu Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama melaksanakan dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sehingga dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng). selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil,
2. Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku dosen pembimbing,
3. Ir. Vendie Abma, S.T., M.T. selaku dosen penguji I,
4. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T. selaku dosen penguji II,
5. Bapak dan ibu dosen pengajar yang telah mencurahkan ilmunya kepada penulis serta bapak dan ibu staff Program Studi Teknik Sipil dan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah membantu penulis dalam mengurus segala sesuatu terkait masa perkuliahan selama ini,
6. PT Muara Mitra Mandiri yang telah memberikan dukungan selama penyusunan laporan Tugas Akhir,
7. PT Proporsi selaku konsultan perencana yang telah memberikan data proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY,
8. Serta semua pihak yang telah memiliki andil dalam penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh.

Yogyakarta, 01 Desember 2022

Penulis,

Ilham Aji Saputro

(18511101)



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Kesimpulan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Uraian Umum	5
2.2 Tinjauan Penelitian	5
2.2.1 <i>Value Engineering</i>	5
2.2.2 <i>Value Engineering</i> pada Fondasi Dalam	6
2.2.3 <i>Analytical Hierarchy Process</i>	7
2.3 Perbedaan Antara Penelitian ini dengan Penelitian Terdahulu	8
2.4 Kesimpulan	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Uraian Umum	10

3.2	Istilah <i>Value Engineering</i> , <i>Value Analysis</i> dan <i>Value Management</i>	10
3.3	<i>Value Engineering</i> (Rekayasa Nilai)	11
3.3.1	Pengertian <i>Value Engineering</i>	11
3.3.2	Karakteristik <i>Value Engineering</i>	13
3.3.3	Signifikasi Penerapan <i>Value Engineering</i>	13
3.3.4	Tujuan Penerapan <i>Value Engineering</i>	14
3.3.5	Sebab Adanya Biaya yang Tidak Perlu (<i>Unnecessary Cost</i>)	14
3.3.6	Waktu Penerapan <i>Value Engineering</i>	15
3.3.7	Rencana Kerja Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering Job Plan</i>)	16
3.4	Istilah – Istilah dalam <i>Value Engineering</i>	22
3.5	Analisis Pembobotan	23
3.4.1	Pembobotan Kriteria dan Alternatif dengan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	23
3.4.1.1	Definisi AHP	23
3.4.1.2	Kelebihan AHP	24
3.4.1.3	Prinsip Dasar AHP	25
3.4.1.4	Prosedur AHP	26
3.4.2	Analisis Pembobotan Menyeluruh	32
3.6	Fondasi	33
3.6.1	Fondasi Sumuran (<i>Pier Foundation</i>)	34
3.6.2	Fondasi Tiang (<i>Pile Foundation</i>)	36
3.6.2.1	Fondasi Tiang Kayu	37
3.6.2.2	Fondasi Tiang Beton Pracetak atau Tiang Pancang (<i>Spun Pile</i>)	38
3.6.2.3	Fondasi Tiang Bor (<i>Bore Pile</i>)	38
3.6.2.4	Tiang Baja Profil	39
3.6.2.5	Tiang Komposit	40
3.7	Perhitungan Struktur pada Fondasi Dalam	40
3.7.1	Kapasitas Dukung <i>Pile</i>	40
3.7.2	Desain Struktur <i>Pile Cap</i>	44
3.7.2.1	Perhitungan Gaya Geser	44

3.7.2.2	Perhitungan Tulangan	47
3.7.3	Desain Struktur <i>Bore Pile</i>	49
3.7.3.1	Perhitungan Tulangan lentur	49
3.7.3.2	Perhitungan Tulangan Geser	50
3.8	Rencana Anggaran Biaya	51
3.9	Kesimpulan	54
BAB IV	METODE PENELITIAN	55
4.1	Uraian Umum	55
4.2	Subjek Penelitian	55
4.3	Objek Penelitian	55
4.4	Data dan Metode Pengumpulan Data	56
4.5	Tahapan Rekayasa Nilai	57
4.5.1	Tahap Informasi	57
4.5.2	Tahap Kreatif	58
4.5.3	Tahap Analisis	58
4.5.4	Tahap Rekomendasi	59
4.6	Alur Penelitian (<i>Flowchart</i>)	60
4.7	Kesimpulan	62
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	64
5.1	Tahap Informasi	64
5.1.1	Data Umum Proyek	64
5.1.2	Data Teknis	65
5.1.3	Analisis Fungsi	70
5.2	Tahap Kreatif	71
5.3	Tahap Analisis	72
5.3.1	Analisis Keuntungan dan Kerugian	72
5.3.2	Analisis Penilaian Kriteria	77
5.3.2.1	Penentuan Bobot Kriteria	77
5.3.2.2	Analisis Pembobotan Menyeluruh	91
5.3.3	Desain Fondasi	92
5.3.4	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	112

5.3.4.1 Perhitungan Biaya Pekerjaan Fondasi <i>Existing</i>	113
5.3.4.2 Perhitungan Biaya Pekerjaan Fondasi Alternatif	119
5.4 Tahap Rekomendasi	124
5.5 Pembahasan	126
5.6 Kesimpulan	129
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	130
6.1 Kesimpulan	130
6.2 Saran	130
DAFTAR PUSTAKA	132
LAMPIRAN	135



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Matrik Perbandingan Berpasangan	27
Tabel 3.2	Skala Banding Berpasangan	27
Tabel 3.3	<i>Judgement</i> Matrik Perbandingan Berpasangan	28
Tabel 3.4	Matrik Penjumlahan Tiap Kolom	28
Tabel 3.5	Matrik Normalisasi	29
Tabel 3.6	Matriks Perhitungan Bobot Alternatif	29
Tabel 3.7	Matriks Perhitungan Bobot Vektor	30
Tabel 3.8	Perhitungan Vektor Konsistensi	30
Tabel 3.9	Nilai <i>Random Index</i>	32
Tabel 3.10	Penilaian Bobot dan Perangkingan Alternatif	32
Tabel 3.11	Contoh Harga Satuan Tenaga Kerja	52
Tabel 3.12	Contoh Harga Satuan Bahan	52
Tabel 3.13	Contoh Analisis Harga Satuan	53
Tabel 3.14	Contoh Perhitungan Biaya Pekerjaan	54
Tabel 5.1	Data Konfigurasi <i>Pile</i>	68
Tabel 5.2	Rekapitulasi Hasil Pengujian Sondir	69
Tabel 5.3	Daftar Alternatif Fondasi	72
Tabel 5.4	Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Biaya Awal (A)	73
Tabel 5.5	Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Daya Dukung (B)	74
Tabel 5.6	Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Waktu Pelaksanaan (C)	74
Tabel 5.7	Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Kemungkinan Dilaksanakan (D)	75
Tabel 5.8	Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Tingkat Kesulitan (E)	75
Tabel 5.9	Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Sarana Kerja (F)	76
Tabel 5.10	Rekapitulasi Penilaian Keuntungan Kerugian	76

Tabel 5.11 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 1	78
Tabel 5.12 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 1	79
Tabel 5.13 Matrik Normasilasi Responden 1	79
Tabel 5.14 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 1	79
Tabel 5.15 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 1	80
Tabel 5.16 Matrik Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 1	80
Tabel 5.17 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 2	81
Tabel 5.18 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 2	82
Tabel 5.19 Matrik Normasilasi Responden 2	82
Tabel 5.20 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 2	82
Tabel 5.21 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 2	83
Tabel 5.22 Matrik Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 2	83
Tabel 5.23 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 3	84
Tabel 5.24 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 3	84
Tabel 5.25 Matrik Normasilasi Responden 3	85
Tabel 5.26 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 3	85
Tabel 5.27 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 3	85
Tabel 5.28 Matrik Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 3	86
Tabel 5.29 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 4	87
Tabel 5.30 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 4	87
Tabel 5.31 Matrik Normasilasi Responden 4	88
Tabel 5.32 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 4	88
Tabel 5.33 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 4	88
Tabel 5.34 Matrik Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 4	89
Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Bobot Kriteria	90
Tabel 5.36 Pembobotan Menyeluruh dan Perangkingan Alternatif Fondasi	91
Tabel 5.37 Data Beban Aksial Kolom	93
Tabel 5.38 Data Beban <i>Pile Group</i>	96
Tabel 5.39 Rekapitulasi Penulangan <i>Bore Pile</i>	105
Tabel 5.40 Data Beban Terfaktor pada <i>Pile Cap</i>	105
Tabel 5.41 Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan <i>Pile Cap</i> BP-50	112

Tabel 5.42 Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan <i>Pile Cap</i> BP-70	112
Tabel 5.43 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Fondasi <i>Existing</i>	113
Tabel 5.44 Harga Satuan Upah	114
Tabel 5.45 Harga Satuan Material	114
Tabel 5.46 Harga Satuan Alat dan Jasa	115
Tabel 5.47 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pembesian	115
Tabel 5.48 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton	116
Tabel 5.49 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bekisting untuk Fondasi	116
Tabel 5.50 Analisis Harga Satuan Pekerjaan <i>Preboring</i> Ø 50 cm	117
Tabel 5.51 Analisis Harga Satuan Pekerjaan <i>Preboring</i> Ø 60 cm	117
Tabel 5.52 Analisis Harga Satuan Pekerjaan <i>Preboring</i> Ø 70 cm	117
Tabel 5.53 Rencana Anggaran Biaya Fondasi <i>Existing</i>	118
Tabel 5.54 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Fondasi Ø 50 cm	122
Tabel 5.55 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Fondasi Ø 70 cm	123
Tabel 5.56 Rekomendasi Fondasi Alternatif	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Perbedaan Waktu Penerapan antara VE, VA dan VM	11
Gambar 3.2	<i>Potential Saving from VE Application</i>	15
Gambar 3.3	Contoh Diagram FAST	19
Gambar 3.4	Contoh Hierarki AHP	24
Gambar 3.5	Macam – macam Fondasi	34
Gambar 3.6	Kaison Bor	35
Gambar 3.7	Kaison	36
Gambar 3.8	Fondasi Tiang Kayu	38
Gambar 3.9	Tiang Beton Pracetak	38
Gambar 3.10	Fondasi Tiang Bor	39
Gambar 3.11	Potongan Melintang Tiang Baja Profil	39
Gambar 4.1	<i>Flowchart Penelitian</i>	60
Gambar 4.2	<i>Flowchart Analytical Hierarchy Process</i>	62
Gambar 5.1	Peta Lokasi Proyek	65
Gambar 5.2	Denah Fondasi dan <i>Pile Cap</i>	66
Gambar 5.3	Detail Fondasi dan <i>Pile Cap</i>	66
Gambar 5.4	Potongan Struktur Bangunan Utama	67
Gambar 5.5	<i>Site Plan</i> DRC BPD DIY	67
Gambar 5.6	Diagram FAST Pekerjaan Fondasi	71
Gambar 5.7	Tampilan Menu <i>General Information</i>	99
Gambar 5.8	Tampilan Menu <i>Material Properties</i>	99
Gambar 5.9	Tampilan Kotak Dialog <i>Circular Section</i>	100
Gambar 5.10	Memilih Konfigurasi Tulangan	100
Gambar 5.11	Memasukkan Data Tulangan	101
Gambar 5.12	<i>Preview</i> Permodelan BP-50	101
Gambar 5.13	Memasukkan Data Beban	102
Gambar 5.14	Diagram Interaksi Mn-Pn BP-50	103
Gambar 5.15	Diagram Interaksi Mn-Pn BP-70	103



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar DED *Existing*
- Lampiran 2 Gambar DED Alternatif Desain Fondasi
- Lampiran 3 Hasil Kuesioner Responden
- Lampiran 4 Data Sondir
- Lampiran 5 Data Beban pada Fondasi
- Lampiran 6 Daftar Harga Jasa *Preboring*



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

VE	= <i>Value Engineering</i>
DRC	= <i>Disaster Recovery Center</i>
BPD	= Bank Pembangunan Daerah
DIY	= Daerah Istimewa Yogyakarta
AHP	= <i>Analytical Hierarchy Process</i>
BoQ	= <i>Bill of Quantity</i>
n	= Jumlah alternatif yang dibandingkan
RMS	= <i>Root Mean Square Deviation</i>
MAD	= <i>Median Absolute Deviation</i>
λ_{maks}	= <i>Maximum Eigen Value</i>
CI	= <i>Consistency Index</i>
CR	= <i>Consistency Ratio</i>
RI	= <i>Random Index</i>
SF	= <i>Safety Factor</i>
D	= Kedalaman
B	= Lebar
RAB	= Rencana Anggaran Biaya
m	= Meter
m ²	= Meter Persegi
DED	= <i>Detailed Engineering Design</i>
RKS	= Rencana Kerja dan Syarat-syarat
AHSP	= Analisis Harga Satuan Pekerjaan

ABSTRAK

Pada sebuah perencanaan bangunan pemilihan desain dan metode pelaksanaan yang tepat diharapkan dapat menghasilkan sebuah rancangan bangunan yang tepat biaya, tepat mutu dan tepat waktu. Penerapan *value engineering* bertujuan untuk mengidentifikasi biaya-biaya pekerjaan yang ada dan menghilangkan biaya yang tidak diperlukan, sehingga biaya yang digunakan menjadi lebih efisien. Metode pelaksanaan pekerjaan fondasi *bore pile* pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY menggunakan metode *wash boring*, sehingga dari hasil pengeboran menimbulkan material sisa berupa lumpur yang dalam proses pembersihan atau penanganan material sisa tersebut memerlukan biaya. Berdasarkan hal tersebut tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tipe fondasi yang dapat direkomendasikan untuk digunakan pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY.

Penelitian ini menggunakan metode analisis *value engineering* sesuai dengan tahapan *value engineering job plan* yang terdiri dari tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisis dan tahap rekomendasi. Pada tahap analisis digunakan metode pembobotan dengan *analytical hierarchy process* dan analisis keuntungan kerugian

Pada penelitian ini didapatkan hasil desain alternatif fondasi yang direkomendasikan adalah dengan menggunakan fondasi *bore pile* diameter 70 cm. Besar penghematan yang didapatkan dengan menggunakan desain alternatif sebesar Rp 580.439.082,-

Kata kunci : *Value Engineering*, Fondasi *Bore Pile*, Penghematan Biaya

ABSTRACT

In a building plan, choosing the right design and implementation method is expected to produce a building design that is right on cost, right on quality and on time. The application of value engineering aims to identify existing work costs and eliminate unnecessary costs, so that the costs used become more efficient. foundation work bore pile on the DRC Building project of PT Bank BPD DIY uses the wash boring method, so that the results of drilling result in residual material in the form of mud which in the process of cleaning or handling the remaining material requires costs. Based on this, the purpose of this study is to determine the type of foundation that can be recommended for use in the DRC Building construction project PT Bank BPD DIY.

analysis method value engineering in accordance with the stages of the value engineering job plan which consists of the information stage, the creative stage, the analysis stage and the recommendation stage. In the analysis phase, the weighting method is used with the analytical hierarchy process and profit and loss analysis.

In this study, the results of the recommended alternative foundation design are using bore pile with a diameter of 70 cm. The amount of savings obtained by using an alternative design is Rp. 580,439,082,-.

Keywords : Value Engineering, Foundation Bore Pile, Cost Saving

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi seperti pada saat ini, perkembangan teknologi pada semua sektor mengalami kemajuan yang cepat. Teknologi dapat memberikan banyak manfaat kepada manusia yaitu dengan memudahkan pekerjaan sehari-hari manusia. Salah satu sektor yang mengalami dampak perkembangan teknologi adalah sektor konstruksi, sehingga pada saat ini sudah banyak ditemukan teknologi dan metode baru yang lebih modern dan efisien. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang ada dapat memungkinkan dihasilkannya produk berupa bangunan yang memiliki kualitas yang lebih baik, durasi pembangunan yang lebih cepat dan biaya yang lebih murah.

Dalam sebuah proyek konstruksi biaya, mutu dan waktu merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur apakah suatu proyek dapat dikatakan berhasil atau tidak. Pemilihan desain bangunan dan metode pelaksanaan yang tepat diharapkan dapat menghasilkan sebuah rancangan bangunan yang tepat biaya, tepat mutu dan tepat waktu. Dalam sebuah perencanaan bangunan tidak jarang masih terdapat bagian-bagian yang masih menimbulkan pembengkakan biaya yang dimana sebenarnya masih dapat dilakukan penghematan. Oleh karena itu perlu dilakukan rekayasa nilai atau *value engineering* yang bertujuan untuk mengidentifikasi biaya-biaya pekerjaan yang ada dan menghilangkan biaya yang tidak diperlukan, sehingga biaya yang digunakan menjadi lebih efisien melalui alternatif-alternatif yang telah ditentukan. Miles (1961) menyatakan bahwa *Value Engineering* (VE) merupakan sebuah pendekatan yang kreatif dan terorganisir, dimana pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi biaya-biaya yang tidak perlu. Biaya yang tidak perlu tersebut merupakan biaya yang tidak memberikan kegunaan, kualitas dan sesuatu yang memberikan penampilan baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen. Penelitian sebelumnya mengenai penerapan VE dilakukan oleh Putra (2018) pada pekerjaan fondasi dalam konstruksi jembatan

dan Azhari dkk. (2022) pada pekerjaan pelat lantai konstruksi gedung. Dimana pada kedua penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa dengan penerapan VE pada sebuah proyek konstruksi dapat memberikan penghematan biaya melalui alternatif yang direkomendasikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

Studi kasus pada penelitian ini adalah pada proyek pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank Pembangunan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta (PT Bank BPD DIY) yang berlokasi di Jalan Nasional III, Klewonan, Triharjo, Wates, Kulon Progo. Gedung DRC PT Bank BPD DIY direncanakan menggunakan fondasi dalam yaitu fondasi *bore pile* dengan diameter 60 cm dan kedalaman 13 meter berjumlah 67 titik. Dimana fungsi dari fondasi adalah untuk meneruskan beban bangunan ke struktur tanah yang ada di bawah bangunan tersebut (Hardiyatmo, 2002).

Metode pelaksanaan pekerjaan fondasi *bore pile* pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY menggunakan metode *wash boring*, sehingga dari hasil pengeboran menimbulkan material sisa berupa lumpur. Menurut Saputro (2021) pada saat pelaksanaan pekerjaan fondasi *bore pile* terdapat beberapa kendala, adapun kendala-kendala tersebut adalah sebagai berikut.

1. Lumpur sisa pengeboran yang menutupi area proyek dapat mengganggu mobilitas pekerja dan alat berat.
2. Area proyek yang sempit mengakibatkan kurangnya kapasitas bak penampungan lumpur sisa pengeboran.
3. Proses pembersihan lumpur dari area proyek yang sulit untuk dilakukan.

Berdasarkan hal di atas material sisa pekerjaan pengeboran memerlukan biaya dalam penanganannya, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui solusi terkait permasalahan tersebut. Pada penelitian ini akan diterapkan analisis *value engineering* atau rekayasa nilai khususnya pada pekerjaan struktur bawah yaitu fondasi. Adapun pada saat pengambilan data proyek yang akan diteliti berada pada tahap pembangunan, sehingga perubahan desain dapat diajukan oleh kontraktor dengan persetujuan dari konsultan perencanaan. Penerapan *value engineering* diharapkan akan mendapatkan alternatif desain fondasi yang tepat

sehingga dapat mengurangi biaya dan waktu pelaksanaan proyek tanpa mengurangi mutu serta fungsi utama dari fondasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang muncul berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas adalah tipe fondasi apa yang dapat direkomendasikan untuk digunakan pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY dengan menggunakan metode analisis *value engineering*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tipe fondasi yang dapat direkomendasikan untuk digunakan pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY dengan menggunakan metode analisis *value engineering*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian mengenai penerapan *value engineering* yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan mengenai penerapan analisis *value engineering* dan *Analityc Hierarchy Process* (AHP).
2. Memperkaya khazanah penelitian di bidang teknik sipil mengenai penerapan *value engineering*.
3. Dapat dijadikan referensi bagi *owner*, konsultan perencanaan dan kontraktor dalam penerapan analisis *value engineering* terutama pada pemilihan tipe fondasi yang akan digunakan, sehingga didapatkan tipe fondasi yang tepat terutama dengan kondisi yang mirip.
4. Menambah pengetahuan dalam menyusun sebuah karya tulis ilmiah dan dapat menjadi referensi untuk penelitian lain yang serupa.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang ditetapkan pada penelitian ini, adalah sebagai berikut.

1. Objek pengamatan adalah pada struktur fondasi (*pile* dan *pile cap*).
2. Subjek penelitian adalah pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY di Jalan Nasional III, Klewonan, Triharjo, Wates, Kulon Progo.
3. Metode penentuan bobot kriteria yang digunakan menggunakan metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP).
4. Data tanah dan beban bangunan yang digunakan berasal dari dokumen perencanaan CV Proporsi sebagai konsultan perencanaan.
5. *Bill of Quantity* (BoQ), gambar DED, Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) serta beberapa data lain didapatkan dari laporan praktik kerja magang Saputro (2021) dengan izin dari PT Proporsi selaku konsultan perencanaan.
6. Analisis harga satuan pekerjaan yang digunakan berdasarkan Peraturan Walikota (Perwali) Yogyakarta No 88 Tahun 2019.
7. Standar harga bahan material mengacu pada peraturan bupati tentang Standar Harga Satuan Barang dan Jasa (SHBJ) Kabupaten Kulon Progo.

1.6 Kesimpulan

Pada bab satu ini telah diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat serta batasan penelitian pada penelitian ini. Kemudian pada bab selanjutnya yaitu pada bab dua akan menjelaskan mengenai tinjauan pustaka.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Pada bab sebelumnya yaitu pada bab pertama telah diuraikan tentang apa yang menjadi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat serta batasan penelitian pada penelitian ini. Selanjutnya pada bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian yang pernah dilakukan dan perbedaannya dengan penelitian ini. Penelitian yang akan ditinjau adalah penelitian yang memiliki kemiripan dan hubungan dengan penelitian ini.

2.2 Tinjauan Penelitian

2.2.1 Value Engineering

Azhari dkk. (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Optimalisasi Biaya Pelaksanaan Pembangunan *Administration Building* Menggunakan Metode *Value Engineering*” membahas mengenai penerapan *value engineering* pada pekerjaan pelat lantai. Adapun studi kasus yang diambil adalah pada proyek *Emission Reduction In Cities Solid Waste Managemen (Eric-1) Jombang Regency*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah mengetahui pilihan preferensi, penguasaan daya dukung dari alternatif-alternatif yang dipilih dan penghematan biaya setelah dilaksanakan *value engineering* yang dapat digunakan sebagai struktur pelat beton bertulang. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan alternatif pelat lantai yang direkomendasikan yaitu dengan menggunakan metode *floordeck* dan *wiremesh* serta didapatkan besar penghematan biaya Rp. 101.372.430,- atau sebesar 5% dari biaya awal.

Penelitian yang dilakukan oleh Darojah (2019) yang berjudul “Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi Dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode *Zero-One*” mengkaji mengenai pengambilan keputusan menggunakan analisis VE dan pada tahap pengambilan keputusan menggunakan metode *Zero-One*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah mengkaji mengenai apa

desain fondasi yang efisien sehingga dapat digunakan pada proyek tersebut. Studi kasus yang digunakan adalah pada proyek pembangunan gedung baru Fakultas Hukum Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Fondasi *footplate* dengan ukuran 3,5 x 3,5 meter merupakan desain fondasi *existing* pada proyek tersebut, dengan biaya sebesar Rp. 1.415.148.115,-. Hasil dari kajian tersebut adalah didapatkan alternatif fondasi *footplate* dengan ukuran 3,5 x 3,5 meter dan 3,2 x 3,2 meter, dimana dari segi biaya direkomendasikan menggunakan *footplate* ukuran 3,2 x 3,2 meter dengan penghematan yang didapatkan sebesar Rp. 63.092.235,29,-. Tetapi dari segi kekuatan atau daya dukung direkomendasikan menggunakan fondasi *footplate* ukuran 3,5 x 3,5 meter.

2.2.2 *Value Engineering* pada Fondasi Dalam

Putra (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis *Value Engineering* pada Pondasi Jembatan” membahas mengenai analisis VE pada Pembangunan Jembatan Kali Cengger, dengan objek yang ditinjau khususnya pada pekerjaan fondasi. Proyek jembatan tersebut merupakan bagian dari pembangunan Toll Salatiga-Boyolali. Penelitian tersebut memiliki tujuan untuk mengetahui komponen pekerjaan apakah yang dapat diefisiensikan, alternatif fondasi dengan biaya yang lebih efisien dan berapa perbandingannya jika dilihat dari segi biaya. Metode yang digunakan pada tahap pengambilan keputusan adalah dengan melakukan perbandingan langsung dari segi kriteria, yaitu dari segi biaya dan keuntungan serta kerugian. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan desain fondasi alternatif menggunakan fondasi tiang dengan diameter 100 cm, dengan biaya pada alternatif pertama sebesar Rp. 70.472.541.358,- serta reduksi biaya yang didapatkan adalah Rp. 268.978.574,-. Kemudian pada alternatif kedua biaya yang didapatkan adalah sebesar Rp 69.406.435.961,- serta reduksi biaya yang didapatkan adalah Rp. 1.335.083.971,-.

Kuswaya dan Maarif (2020) pada penelitiannya yang berjudul “Analisis Optimalisasi Pondasi Dalam Pada *Crude Oil Storage Tank* (Studi Kasus Proyek Pondok Makmur Pertamina Bekasi)” mengkaji mengenai bagaimana desain fondasi yang optimal yang dapat digunakan antara fondasi *bore pile* dan fondasi

tiang pancang. Metode perhitungan pembebanan yang digunakan dihitung secara manual dengan bantuan program Excel dan untuk analisis daya dukung menggunakan metode pendekatan. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan fondasi *bore pile* memiliki daya dukung yang lebih besar, namun hal tersebut tidak sesuai dengan kondisi lapangan sehingga dari hasil perencanaan fondasi yang paling optimal digunakan adalah fondasi tiang pancang dengan diameter 35 cm berjumlah 122 buah. Apabila menggunakan desain tersebut dibutuhkan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 1.398.730.000,-, dimana jumlah tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan desain fondasi *bore pile* diameter 40 cm. Pada fondasi *bore pile* biaya yang diperlukan sebesar Rp. 1.664.640.000,-

2.2.3 *Analytical Hierarchy Process*

Ngafidin dkk. (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Pemeringkatan Teknisi Menggunakan *Analytical Hierarchy Process* Berbasis Website” membahas tentang perencanaan aplikasi untuk penilaian karyawan dengan menggunakan metode penilaian berdasarkan metode AHP. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan nilai tertinggi pada karyawan nomor lima dengan total bobot 0,664, sehingga karyawan tersebut menjadi ranking pertama atau karyawan terbaik.

Rizky (2021) pada penelitiannya yang berjudul “Analisis Perbandingan Resiko Biaya Kontrak *Lumpsum* dan Kontrak *Unit Price* dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)” dengan studi kasus kontraktor yang berada di Kota Medan membahas mengenai penerapan AHP untuk mengetahui jenis kontrak apakah yang memiliki potensi keuntungan dan risiko biaya lebih tinggi (kerugian). Hasil yang diperoleh pada penelitian tersebut adalah 60% kontraktor yang ada di Kota Medan memiliki pendapat bahwa kontrak *lumpsum* memiliki potensi keuntungan yang lebih besar dan jenis kontrak *lumpsum* memiliki potensi biaya yang lebih sebesar 57%. Hal yang menyebabkan kontrak *lumpsum* memiliki potensi risiko pembengkakan biaya akibat perubahan *schedule* adalah 78% dan pada kontrak *unit price* sebesar 66% ketika terjadi perubahan lingkup pekerjaan.

2.3 Perbedaan Antara Penelitian ini dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan uraian di atas mengenai bagaimana penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilaksanakan, maka pada subbab ini akan diuraikan mengenai persamaan dan perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang sudah pernah dilakukan.

Pada tinjauan pustaka dengan topik VE terdapat dua penelitian yaitu dilakukan oleh Azhari dkk. (2022) dan Darojah (2019), terdapat perbedaan dan persamaan antara penelitian ini dengan penelitian tersebut. Persamaannya adalah pada metode analisis yang digunakan yaitu menggunakan analisis *value engineering*, sedangkan perbedaannya adalah pada jenis objek yang ditinjau dimana pada penelitian tersebut jenis objek yang ditinjau adalah pada pekerjaan fondasi dangkal dan pekerjaan pelat lantai sedangkan pada penelitian ini pada pekerjaan fondasi dalam serta perbedaan selanjutnya adalah pada studi kasus yang digunakan.

Pada tinjauan pustaka dengan topik VE pada fondasi dalam, antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra (2018) dan Kuswaya dan Ma'arif (2020) memiliki persamaan pada objek yang ditinjau yaitu fondasi dalam dan metode analisis yang digunakan adalah *value engineering*. Kemudian untuk perbedaannya, pada penelitian ini dilakukan pembobotan dengan metode AHP sehingga bobot kriteria untuk menentukan jenis fondasi yang digunakan berbeda serta studi kasus yang digunakan juga berbeda.

Pada tinjauan pustaka dengan topik AHP antara penelitian yang dilakukan oleh Ngafidin dkk. (2022) dan Rizky (2021) dengan penelitian ini memiliki persamaan pada metode analisis dan metode pembobotan kriteria, yaitu menggunakan metode AHP, sedangkan untuk perbedaannya adalah pada objek yang ditinjau serta studi kasus atau lokasi penelitian yang digunakan.

2.4 Kesimpulan

Pada ini telah diuraikan mengenai penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan dan memiliki hubungan beserta apa saja perbedaan dan persamaan dengan penelitian ini. Berdasarkan uraian di atas maka dapat diambil kesimpulan

bahwa penelitian ini memiliki perbedaan utama dengan penelitian sebelumnya yaitu pada studi kasus yang digunakan. Demikian berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Uraian Umum

Pada bab sebelumnya yaitu bab dua, telah diuraikan mengenai penelitian-penelitian terdahulu mengenai penerapan *value engineering* (VE) dan apa saja perbedaan-perbedaan antara penelitian-penelitian tersebut dengan penelitian ini. Selanjutnya pada bab ini yaitu bab tiga, akan dijelaskan mengenai teori-teori yang menjadi dasar penelitian ini.

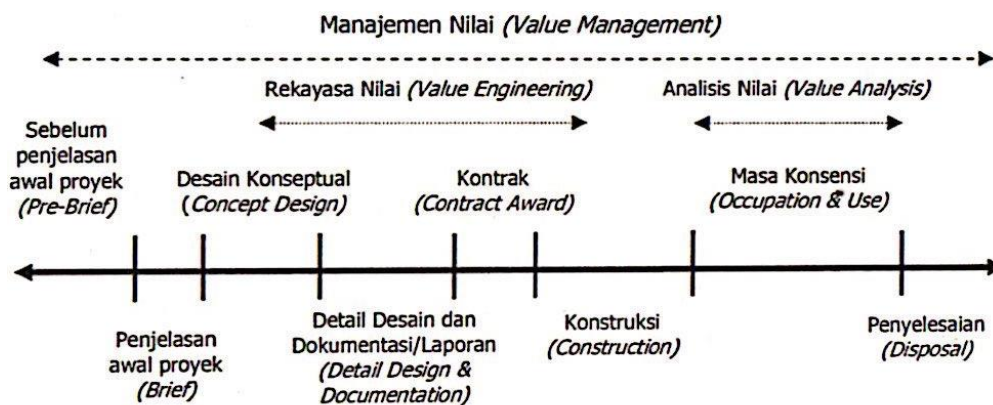
3.2 Istilah *Value Engineering*, *Value Analysis* dan *Value Management*

Terdapat beberapa istilah yang digunakan dalam pengelolaan nilai atau manajemen nilai, salah satunya dalam standar *Society of American Value Engineering* (SAVE) *International* istilah yang di gunakan adalah metodologi nilai (*value methodology*). *Value methodology* adalah suatu proses yang tersusun secara sistematis yang digunakan untuk meningkatkan nilai dari suatu proyek melalui sebuah analisis fungsi dari proyek tersebut (SAVE, 2007). Secara umum *value methodology* dapat diterapkan dengan berbagai istilah antara lain *Value Engineering* (VE), *Value Analysis* (VA) dan *Value Management* (VM). Menurut SAVE (2007) ketiga istilah tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut.

1. *Value Engineering* (VE) merupakan penerapan *value methodology* pada sebuah proyek yang telah dikonsepkan atau direncanakan yang bertujuan untuk mendapatkan peningkatan nilai.
2. *Value Analysis* (VA) merupakan penerapan *value methodology* pada sebuah proyek, layanan atau produk yang sudah ada atau sudah jadi.
3. *Value Management* (VM) merupakan penerapan *value methodology* yang dilakukan oleh sebuah organisasi yang bertujuan untuk meningkatkan nilai.

Berdasarkan pengertian dari ketiga istilah tersebut penggunaan istilah VE, VA dan VM dibedakan berdasarkan objek yang ditinjau dan waktu penerapannya

(Gambar 3.1), namun dari ketiga istilah tersebut tetap mengacu pada sebuah proses yang sama (SAVE, 2007).



Gambar 3.1 Perbedaan Waktu Penerapan antara VE, VA dan VM

Sementara menurut *Public Building Service (PBS) U.S. General Service Administration* (1992) perbedaan antara VE, VA dan VM terlampaui sedikit dan dapat dikatakan secara umum ketiga istilah tersebut mengacu pada proses yang sama, sehingga istilah yang digunakan adalah VE (*Value Engineering*) terhadap istilah lain (*value analysis*, *value management* dan lain-lain). Mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 45/PRT/M/2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara dan Direktorat Jenderal Bina Marga No 04/P/BM/2022 tentang Pedoman Pelaksanaan Teknis Rekayasa Nilai istilah yang digunakan adalah *Value Engineering*. Dengan berbagai perbedaan antar istilah yang ada, maka pada penelitian ini istilah *Value Engineering* (VE) akan digunakan pada pembahasan selanjutnya dengan dasar bahwa istilah tersebut digunakan dalam peraturan yang sudah disebutkan di atas.

3.3 *Value Engineering* (Rekayasa Nilai)

3.3.1 Pengertian *Value Engineering*

Terdapat beberapa pengertian atau definisi dari *value engineering* menurut pendapat yang dikemukakan oleh para ahli. Adapun pengertian-pengertian tersebut adalah sebagai berikut.

Miles (1961) menyatakan bahwa *value engineering* merupakan sebuah pendekatan yang kreatif dan terorganisir, dimana pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi biaya-biaya yang tidak perlu. Biaya yang tidak perlu tersebut merupakan biaya yang tidak memberikan kegunaan, kualitas dan sesuatu yang memberikan penampilan baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen.

Dell'isola (1975) menyatakan *value engineering* merupakan sebuah teknik untuk mengoptimalkan biaya serta kinerja dari sebuah sistem dengan menggunakan pendekatan kreatif dan terorganisir.

Zimmerman dan Hart (1982) menyatakan bahwa rekayasa nilai merupakan penerapan sebuah teknik manajemen dengan pendekatan sistematis melalui analisis fungsi, sehingga didapatkan keseimbangan fungsi antara biaya, mutu dan keandalan.

Chandra (1986) dalam Rumintang (2008) menyatakan bahwa *value engineering* merupakan usaha untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang tersusun secara sistematis dengan maksud untuk melakukan analisis terhadap fungsi dari suatu item. Tujuannya adalah untuk mencapai fungsi yang diharapkan, tetapi dengan biaya serendah-rendahnya serta tetap konsisten terhadap ketentuan seperti kualitas, reliabilitas dan penampilan serta pemeliharaan.

Direktorat Jenderal Bina Marga (2022) menyatakan bahwa *value engineering* adalah sebuah proses pengambilan keputusan yang dilakukan oleh tim multidisipliner secara sistematis dan terstruktur dengan tujuan untuk mencapai nilai terbaik dari suatu proyek dengan mempertahankan fungsi dan, kualitas dan kinerja yang diperlukan.

Berdasarkan pengertian-pengertian yang dikemukakan oleh para ahli di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa *value engineering* adalah sebuah metode yang tersusun secara sistematis yang digunakan untuk mencari efisiensi biaya sehingga fungsi utamanya tetap terpenuhi namun dengan biaya yang lebih rendah.

3.3.2 Karakteristik *Value Engineering*

Selain pengertian tersebut, menurut Zimmerman dan Hart (1982) *value engineering* dapat diartikan sebagai berikut.

1. *An oriental system*

Yaitu sebuah teknik dengan tahapan yang tersusun secara sistematis dalam sebuah rencana tugas dengan tujuan untuk mengidentifikasi biaya yang ada serta menghilangkan biaya yang dapat dianggap tidak perlu (*unnecessary cost*).

2. *A multidicipline team approach*

Merupakan teknik dengan melibatkan seluruh anggota dalam tim seperti pemilik proyek, konsultan dan para ahli, sehingga dalam sebuah penerapan *value engineering* membutuhkan kerjasama tim. Tujuan dari penerapan teknik ini adalah untuk melakukan penghematan.

3. *A life cycle cost oriented*

Selain biaya pada saat pelaksanaan juga terdapat biaya setelah pelaksanaan, dimana pada penerapan *value engineering* berorientasi pada seluruh biaya yang ada. Biaya tersebut terdiri dari biaya pada saat pelaksanaan (produksi) dan biaya setelah pelaksanaan (operasional).

4. *A profen management technique*

Value engineering merupakan sebuah teknik yang sudah teruji, sehingga dapat digunakan dalam usaha penghematan biaya.

5. *An oriented function*

Aplikasi dari *value engineering* berorientasi pada fungsi dari item yang ditinjau, dengan tujuan untuk menghasilkan produk dengan nilai yang dikehendaki.

3.3.3 Signifikasi Penerapan *Value Engineering*

Menurut Chandra (2014) terdapat beberapa hal yang menyebabkan penerapan *value engineering* semakin meningkat, antara lain sebagai berikut.

1. Naiknya harga material dan biaya konstruksi pada kurun waktu 10 tahun terakhir.

2. Kekurangan biaya atau dana untuk pelaksanaan pembangunan.
3. Inflasi yang meningkat setiap tahun.
4. Teknologi yang terus berkembang dan mengalami kemajuan.
5. Dengan pemanfaatan dari kemajuan teknologi yang ada serta kemampuan untuk berfikir secara kreatif, kenaikan biaya konstruksi dapat diatasi.

Jika mengacu pada pendapat di atas, sebab VE perlu dilakukan karena dalam sebuah proyek tentu terdapat atau memiliki sumber daya yang jumlahnya terbatas dalam hal ini yaitu biaya sehingga perlu adanya usaha untuk memaksimalkan atau meminimalkan biaya agar pelaksanaan pembangunan dapat tetap berjalan.

3.3.4 Tujuan Penerapan *Value Engineering*

Menurut Dipohusodo (1996) dalam Wideasanti dan Lenggogeni (2013) tujuan penerapan VE adalah untuk menurunkan biaya proyek yaitu dengan cara meninjau biaya yang tidak diperlukan tentang masalah teknis yang teramati saat tahap pelaksanaan tanpa mengurangi fungsi, mutu dan performa dari proyek tersebut.

Menurut Soeharto (2001) tujuan penerapan VE adalah untuk memisahkan dan membedakan antara yang dianggap perlu dan tidak perlu dimana dapat dikembangkan ide atau alternatif yang sesuai dengan keperluan dan meninggalkan yang tidak diperlukan namun dengan biaya yang paling minimal namun dengan performa sama atau lebih baik.

Menurut Zimmerman dan Hart (1982) tujuan penerapan VE adalah untuk mengidentifikasi biaya yang ada serta menghilangkan biaya yang dianggap tidak perlu (*unnecessary cost*).

3.3.5 Sebab Adanya Biaya yang Tidak Perlu (*Unnecessary Cost*)

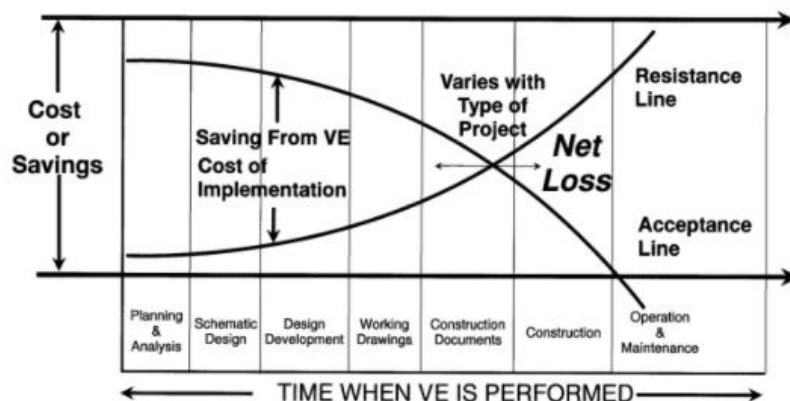
Terkadang dijumpai adanya biaya yang tidak perlu dalam penyusunan anggaran biaya suatu proyek yang disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Dell'isola (1997) faktor-faktor yang menyebabkan munculnya biaya yang tidak perlu tersebut antara lain sebagai berikut.

1. *Lack of information* (Kekurangan informasi).
2. *Lack of ideas* (Kekurangan ide).
3. *Temporary circumstances* (Perubahan keadaan).
4. *Honest wrong belief*.
5. *Habits and attitudes* (Kebiasaan dan sikap).
6. *Changes in owner requirements* (Perubahan keperluan pemilik).
7. *Lack of communication and coordination* (Kurang komunikasi dan koordinasi).
8. *Outdated standards and specification* (Ketertinggalan standar dan spesifikasi).

3.3.6 Waktu Penerapan Value Engineering

Menurut Dell'isola (1997) secara umum tahapan dari sebuah proyek sendiri terdiri dari tujuh tahapan waktu atau bagian, tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Planning and Analysis*
2. *Schematic Design*
3. *Design development*
4. *Working drawing*
5. *Construction documents*
6. *Construction*
7. *Operation and maintenance*



Gambar 3.2 Potential Saving from VE Applications

(Sumber : Dell'isola, 1997)

Waktu penerapan VE dalam sebuah proyek dapat dilakukan pada seluruh tahapan proyek, namun untuk memaksimalkan hasil atau manfaat dari penerapan VE harus dilaksanakan sedini atau seawal mungkin yaitu pada saat proyek berada pada tahap *planning* atau perencanaan (Dell'isola, 1997). Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.2, berdasarkan grafik dapat dilihat penerapan VE apabila semakin mendekati akhir proyek maka manfaat dari aplikasi VE untuk penghematan biaya akan semakin kecil.

Selain itu, waktu penerapan VE harus selalu diusahakan untuk diterapkan pada saat proyek masih dalam tahap perencanaan, karena pada saat tahap tersebut tingkat fleksibilitas masih tinggi ketika dilakukan perubahan namun tanpa adanya biaya tambahan untuk melakukan *redesign*.

3.3.7 Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*)

Dalam melakukan rekayasa nilai (VE) mengikuti sebuah kerangka kerja yang digunakan dalam melakukan identifikasi masalah, dimana kerangka kerja tersebut tersebut dikenal dengan rencana kerja rekayasa nilai (*value engineering job plan*) (Miles, 1966).

Terdapat beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli mengenai tahapan dalam melakukan rekayasa nilai yang pada dasarnya memiliki maksud dan tujuan yang sama serta saling melengkapi. Adapun tahapan dalam melakukan rekayasa nilai menurut beberapa ahli adalah berikut ini.

1. Dell'isola (1997)
 - a. Tahap informasi
 - b. Tahap kreatif
 - c. Tahap analisis
 - d. Tahap rekomendasi
2. Miles (1961)
 - a. Tahap orientasi
 - b. Tahap informasi
 - c. Tahap kreatif
 - d. Tahap analisis

- e. Tahap perencanaan
 - f. Tahap pelaksanaan
 - g. Tahap kesimpulan
3. Zimmerman dan Hart (1982)
- a. Tahap informasi
 - b. Tahap kreatif
 - c. Tahap pertimbangan
 - d. Tahap pengembangan
 - e. Tahap rekomendasi
4. Direktorat Jenderal Bina Marga (2022)
- a. Tahap persiapan
 - b. Tahap informasi
 - c. Tahap analisa fungsi
 - d. Tahap kreatifitas
 - e. Tahap evaluasi ide
 - f. Tahap pengembangan ide
 - g. Tahap evaluasi alternatif
 - h. Tahap penyusunan rekomendasi
 - i. Tahap presentasi
 - j. Tahap pelaporan
 - k. Tahap evaluasi kajian VE

Berdasarkan beberapa pendapat mengenai tahapan atau rencana kerja rekayasa nilai yang telah disebutkan, maka dalam penelitian ini dipilih satu pendapat metode rencana kerja berdasarkan teori Dell'isola (1997). Alasan pemilihan rencana kerja menurut Dell'isola (1997) adalah tahapan rencana kerja VE yang dikemukakan bersifat lebih sederhana dan umum atau sudah dapat mencakup tahapan VE secara keseluruhan. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Tahap informasi

Tahap informasi merupakan tahap awal dalam melakukan VE, dimana pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan informasi sebanyak-banyaknya mengenai objek yang akan ditinjau. Dalam tahap informasi didahului dengan mengetahui apa yang menjadi latar belakang agar didapatkan seluruh fakta, biaya dan semua informasi mengenai objek yang akan di lakukan VE. Terdapat beberapa teknik atau metode yang dapat diaplikasikan pada tahap ini, dimana teknik tersebut adalah sebagai berikut.

a. *Project information*

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait objek dan proyek yang akan ditinjau. Informasi yang dapat dikumpulkan antara lain RAB, gambar DED, RKS, dan lain-lain.

b. *Cost model*

Menurut Dell'isolla (1975) *cost model* dapat didefinisikan sebagai sebuah teknik atau metode untuk memperlihatkan bagaimana distribusi biaya terhadap fungsinya pada suatu proyek. Cara yang digunakan adalah dengan memecah dan menyusun atau mengorganisir sebuah bagan biaya item pekerjaan dan diikuti dengan subitem pekerjaan tersebut beserta biayanya. Dengan bagan atau *cost model* tersebut dapat diketahui jumlah dan perbedaan dari setiap item pekerjaan yang kemudian dapat dijadikan acuan untuk menentukan objek yang akan dianalisis atau dilakukan VE.

Menurut Zimmerman dan Hart (1982), terdapat beberapa bentuk atau tipe dari *cost model*. Adapun bentuk atau tipe tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) *Breakdown cost model*
- 2) *Matrik cost model*

c. Hukum Distribusi Pareto

Menurut Hukum Pareto dalam Hendrianto (2018) 20% biaya dari total keseluruhan biaya yang digunakan dapat mewakili sisa biaya lainnya atau 80% biaya dari seluruh biaya yang diperlukan.

2. Tahap kreatif

Pada tahap kreatif dikembangkan ide atau alternatif yang memenuhi fungsi dasar, sehingga pengembangan pemikiran atau gagasan baru sangat diperlukan. Menurut Soeharto (2001) dalam menentukan alternatif dapat dilakukan dengan mengurangi item atau komponen yang tidak perlu, merekayasa, atau menyederhanakan dengan fungsi primer dari objek tersebut tetap dipertahankan. Sebelum memunculkan ide-ide terhadap alternatif yang akan digunakan diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai permasalahan yang ada. Adapun teknik-teknik yang dapat digunakan untuk memunculkan ide atau gagasan tersebut adalah sebagai berikut.

a. *Brainstorming*

Prinsip dasar metode *Brainstorming* adalah sebagai berikut.

- 1) Kuantitas ide yang sebanyak-banyaknya.
- 2) Tidak diperkenankan untuk melakukan evaluasi terhadap ide yang disampaikan.

b. *The Gordon Technique*

Prinsip dasar metode *The Gordon Technique* adalah sebagai berikut.

- 1) Klien terlibat secara langsung dalam proses diskusi dan menyampaikan permasalahan yang dialami.
- 2) Ide dan gagasan yang diutarakan lebih sedikit dan fokus terhadap permasalahan yang ada.

Hasil yang didapatkan pada tahap ini adalah ide-ide alternatif desain yang memiliki biaya yang lebih ekonomis dari desain *existing*.

3. Tahap analisis

Pada tahap sebelumnya telah muncul gagasan-gagasan atau ide-ide alternatif desain fondasi pengganti desain fondasi *existing*, kemudian pada tahap ini alternatif-alternatif tersebut akan dianalisis dan dievaluasi. Tujuan dari dilakukan analisis dan evaluasi tersebut adalah untuk mengetahui kelayakan dari ide-ide tersebut serta untuk menentukan alternatif desain terbaik dari ide-ide tersebut sehingga dapat dikembangkan dan direkomendasikan.

Metode yang digunakan pada tahap analisis adalah dengan menggunakan analisis keuntungan kerugian serta analisis penilaian berdasarkan kriteria non biaya. Adapun penjelasan dari masing-masing analisis tersebut adalah sebagai berikut.

a. Analisis keuntungan kerugian

Menurut Tadjuddin (1994) dalam Jaya (2019) analisis berdasarkan keuntungan kerugian adalah tahap penyaringan paling kasar jika dibandingkan dengan metode lain dalam penilaian. Dengan menggunakan analisis ini keuntungan dan kerugian dari pemakaian alternatif-alternatif tersebut akan diuraikan dan kemudian diberikan penilaian.

Menurut Barrie dan Paulson (1984) terdapat kriteria-kriteria yang bisa digunakan untuk menyaring atau menyeleksi ide-ide yang ada. Adapun kriteria-kriteria tersebut, yaitu;

- 1) Terdapat keuntungan jika ditinjau dari segi biaya.
- 2) Ide atau alternatif yang ada dapat memenuhi persyaratan fungsional yang ditetapkan.
- 3) Keandalan ide.
- 4) Dampak yang timbul terhadap penjadwalan desain konstruksi.
- 5) *Effort* untuk melakukan *redesign*.
- 6) Apakah ditemukan perbaikan desain *existing*.
- 7) Apakah desain alternatif sudah pernah digunakan sebelumnya.
- 8) Apakah estetika dari bangunan tersebut terpengaruh.

b. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Kemudian untuk menentukan bobot dari tiap aspek atau kriteria pemilihan desain fondasi digunakan metode *Analitycal Hierarchy Process (AHP)* yang nantinya akan diuraikan lebih detail pada subbab 3.5.1. Setelah diketahui bobot atau nilai dari masing masing kriteria selanjutnya alternatif-alternatif tersebut dinilai berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan. Setelah dilakukan penilaian akan didapatkan rangking dari alternatif yang ada berdasarkan nilai yang diperoleh. Alternatif terbaik atau rangking pertama inilah yang kemudian didesain dan direkomendasikan.

4. Tahap rekomendasi

Tahap ini adalah tahap untuk mengajukan ide atau alternatif terbaik berdasarkan ide-ide yang muncul pada tahap kreatif dan dilakukan analisis. Pada tahap ini juga disampaikan mengenai kelebihan atau keunggulan dari alternatif desain yang direkomendasikan, agar *owner* menjadi lebih yakin terhadap ide atau alternatif tersebut, sehingga diharapkan dapat diterima, menjadi pertimbangan dan dapat dilaksanakan oleh *owner*.

Menurut Dell'isolla (1975) terdapat tiga hal yang harus diperhatikan dan dilakukan, yaitu:

- a. Seluruh alternatif harus ditinjau secara detail dan hati-hati oleh tim agar *owner* menjadi lebih yakin mengenai alternatif yang ditawarkan.
- b. Dalam pembuatan proposal pengajuan harus benar dan akurat.
- c. Mempresentasikan rancangan dalam mengimplementasikan proposal yang telah dibuat.

3.4 Istilah-istilah dalam *Value Engineering*

Berikut ini merupakan uraian mengenai istilah-istilah dalam VE.

1. Nilai

Menurut Soeharto (2001) pengertian nilai dapat dibedakan berdasarkan hal-hal berikut.

- a. Ukuran nilai dapat ditentukan berdasarkan fungsinya, sedangkan ukuran harga atau biaya ditentukan berdasarkan substansi barang tersebut atau komponen-komponen penyusunnya.
- b. Ukuran nilai dapat lebih condong ke subjektif sedangkan biaya lebih bergantung pada jumlah angka yang dikeluarkan untuk mewujudkan barang tersebut.

2. Biaya

Menurut Soeharto (2001) biaya merupakan segala jenis usaha dan pengeluaran yang diperlukan dalam memproduksi dan mengembangkan suatu produk. Perlu diperhatikan jumlah biaya yang dibutuhkan dalam produksi

suatu produk, hal ini dikarenakan dalam proses produksi sering ditemukan *unnecessary cost* (biaya tidak perlu).

3. Fungsi

Fungsi merupakan hal wajib yang harus dipenuhi dalam proses VE, karena tujuan utama dari VE adalah menentukan alternatif dengan biaya yang lebih rendah namun tetap memenuhi fungsi primer atau fungsi yang diperlukan.

Dalam sebuah sistem terdiri dari beberapa fungsi, yaitu;

- a. Fungsi dasar (primer), merupakan alasan yang mendasar atau pokok dari terwujudnya sistem tersebut.
- b. Fungsi kedua (sekunder), merupakan kegunaan yang bersifat tidak langsung untuk memenuhi fungsi primer, namun diperlukan sebagai penunjang fungsi primer.

3.5 Analisis Pembobotan

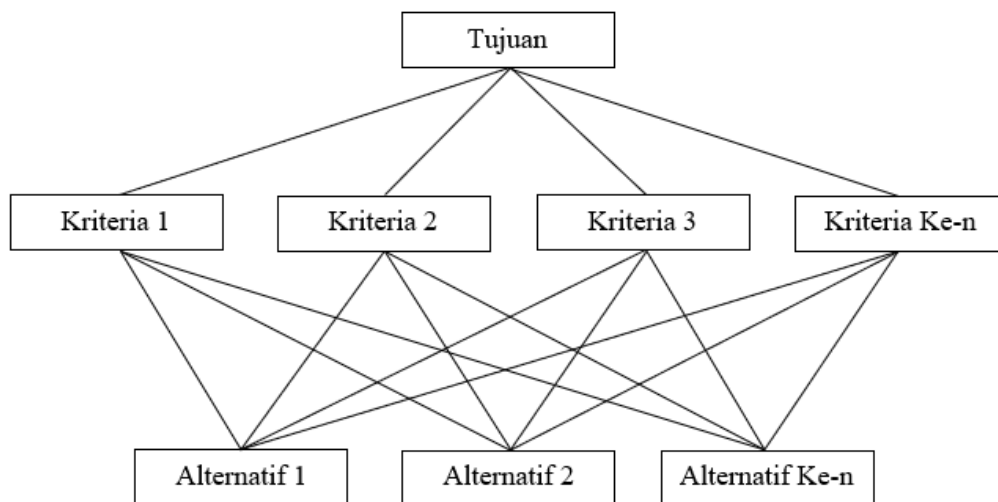
3.5.1 Pembobotan Kriteria Pemilihan Alternatif dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

3.5.1.1 Definisi AHP

Menurut Saaty (1993) AHP merupakan suatu teknik atau metode yang dapat menampung seluruh kreativitas pengguna dalamancangannya terhadap sebuah permasalahan serta bersifat fleksibel dan sederhana, yaitu dengan cara menstrukturkan permasalahan ke dalam bentuk hierarki kemudian memasukkan segala pertimbangan atau kriteria untuk menghasilkan skala prioritas. Proses AHP merupakan sebuah metode yang bersifat luwes, sehingga AHP memberikan kesempatan kepada individu dan kelompok untuk mewujudkan ide atau gagasan dan mendeskripsikan permasalahan dengan cara membangun asumsi mereka serta mendapatkan solusi yang diharapkan.

AHP akan menguraikan suatu permasalahan yang kompleks menjadi sebuah struktur hierarki, dimana hierarki merupakan representasi dari suatu masalah yang bersifat kompleks dalam sebuah struktur yang memiliki tingkatan dengan urutan tingkatan paling atas adalah tujuan atau *goal*, kemudian selanjutnya adalah

kriteria dan yang terakhir adalah alternatif atau solusi (Saaty, 1993). Berikut ini merupakan contoh gambar dari susunan struktur hierarki.



Gambar 3.4 Contoh Hierarki AHP

3.5.1.2 Kelebihan AHP

Menurut Saaty (1993) AHP memiliki beberapa kelebihan atau keuntungan, yaitu:

1. Kesatuan, dimana AHP dapat memberikan sebuah permodelan tunggal sehingga mudah dimengerti serta bersifat luwes untuk berbagai persoalan yang terstruktur.
2. Kompleksitas, AHP dapat memadukan acangan berdasarkan pada sistem ketika memecahkan sebuah permasalahan yang kompleks.
3. Saling ketergantungan, AHP mampu menangani ketergantungan antar elemen-elemen yang ada pada suatu sistem dan pemikiran linier tidak dipaksakan.
4. Penyusunan hierarki, AHP memberikan cerminan kecenderungan pemikiran yang alami untuk memilah elemen-elemen pada sebuah sistem berdasarkan tingkatan serta dapat mengelompokkan unsur yang memiliki kesamaan dalam setiap tingkat.

5. Pengukuran, AHP memiliki sebuah skala yang dapat mengukur suatu hal atau wujud dan merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk menetapkan prioritas.
6. Konsistensi, AHP dapat melacak konsistensi dari pertimbangan yang digunakan ketika menetapkan berbagai prioritas.
7. Sintesis, AHP dapat menuntun atau mengarahkan menuju suatu taksiran secara menyeluruh mengenai kelebihan dari setiap alternatif.
8. Tawar menawar, AHP juga memberikan pertimbangan terhadap prioritas-prioritas dari berbagai faktor dalam sistem dan memberikan kemungkinan untuk setiap orang memilih alternatif berdasarkan tujuan mereka.
9. Penilaian dan kontensus, dimana AHP tidak memaksakan konsensus namun mensintesis hasil representatif dari masing-masing penilaian yang berbeda.
10. Pengulangan proses, dengan melakukan pengulangan memungkinkan setiap orang dapat memperhalus definisi mereka mengenai persoalan yang ada serta memperbaiki pengertian dan pertimbangan mereka.

3.5.1.3 Prinsip Dasar AHP

Dalam menyelesaikan persoalan dengan menggunakan metode analisis logis eksplisit menggunakan tiga prinsip, yaitu menyusun hierarki, prinsip prioritas, dan prinsip konsisten, dimana prinsip-prinsip tersebut mendasari AHP (Saaty, 1993). Berikut merupakan penjabaran dari ketiga prinsip tersebut.

1. Menyusun secara hierarkis, yaitu hal yang menjadi permasalahan dan ingin diselesaikan maka harus terlebih dahulu dipecah sehingga menjadi bagian-bagian yang terpisah.
2. Menetapkan prioritas atau ranking, yaitu menetapkan rangking atau peringkat dari elemen yang didasarkan pada relatifitas tingkat kepentingan yang dimiliki.
3. Konsistensi yang logis, yaitu memberikan jaminan bahwa seluruh elemen digabungkan sesuai kelompoknya secara logis dan diranking dengan konsisten sesuai kriteria yang logis.

3.5.1.4 Prosedur AHP

Menurut Saaty (1993) dalam melakukan analisis menggunakan AHP terdapat prosedur atau tahapan, adapun tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mendefinisikan dan menguraikan persoalan dan pemecahan atau solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarki terhadap permasalahan serta tujuan pemecahan dari masalah tersebut. Struktur hierarki ini terdiri dari beberapa tingkatan dimana pada tingkat pertama merupakan tujuan yang ingin dicapai berdasarkan permasalahan yang ditemui. Pada tingkat selanjutnya yaitu pada tingkat kedua berisi kriteria-kriteria, dimana kriteria tersebut berfungsi untuk menilai atau menyeleksi alternatif yang ada sehingga alternatif terbaik berdasarkan kriteria-kriteria tersebut diharapkan dapat menyelesaikan persoalan yang ada. Kemudian tingkat ketiga berisikan alternatif-alternatif penyelesaian persoalan.
3. Menentukan prioritas setiap elemen, adapun tahapan dalam menentukan bobot dan prioritas adalah sebagai berikut.
 - a. Langkah awal dalam menetapkan peringkat atau prioritas dengan membuat perbandingan berpasangan, yaitu membandingkan setiap elemen (alternatif) secara berpasangan pada semua elemen terhadap sebuah kriteria. Dalam melakukan perbandingan perpasangan dapat digunakan matrik perbandingan berpasangan, dimana metode ini lebih banyak digunakan dan disukai. Untuk menentukan jumlah pertimbangan yang dibutuhkan menggunakan Persamaan 3.1.

$$\text{Jumlah pertimbangan} = \frac{n^2 - n}{2} \quad (3.1)$$

keterangan :

n = jumlah alternatif yang dibandingkan.

Adapun contoh matrik perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Matrik Perbandingan Berpasangan

Kriteria	A	B	C	D	E
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	
E					1

- b. Memberikan nilai pada setiap perbandingan dalam matriks. Tujuannya agar setiap pendapat (kualitatif) dapat direpresentasikan ke dalam angka (kuantitatif) sehingga dapat dihitung bobot dari setiap alternatif dan dapat ditentukan skala prioritasnya. Dalam merepresentasikan dari bentuk kualitatif ke dalam bentuk kuantitatif digunakan skala penilaian, untuk berbagai persoalan skala 1 (satu) sampai 9 (sembilan) adalah skala terbaik ketika mengkualifikasikan pendapat yang didasarkan pada tingkat akurasinya sesuai nilai *Root Mean Square Deviation* (RMS) dan *Median Absolute Deviation* (MAD) (Saaty, 1993). Adapun skala tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Skala Banding Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua.	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai

Lanjutan Tabel 3.2 Skala Banding Berpasangan

9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteri i mendapatkan nilai terhadap kriteri j , maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i .	

Sumber : Saaty (1993)

Ketika membandingkan satu elemen dengan elemen itu sendiri maka mendapat nilai satu (1), contoh A dengan A maka diisi bilangan satu (1). Dalam melakukan perbandingan perlu diingat bahwa untuk selalu membandingkan elemen yang berada di kolom dengan elemen yang berada pada baris. Dapat dilihat pada Tabel 3.3 adalah contoh *judgement* terhadap masing masing perbandingan kriteria.

Tabel 3.3 Judgement Matrik Perbandingan Berpasangan

Kriteria	A	B	C
A	1	1/2	1/4
B	2	1	1/2
C	4	2	1

4. Mensintesis atau menyatukan seluruh pertimbangan yang dibuat untuk mendapatkan peringkat atau prioritas secara menyeluruh, yaitu dengan penjumlahan dan pembobotan agar dapat dihasilkan sebuah bilangan tunggal yang dapat menunjukkan peringkat prioritas setiap elemen. Langkah dalam melakukan sintesis AHP adalah sebagai berikut.
 - a. Menjumlahkan nilai pada setiap kolom

Tabel 3.4 Matriks Penjumlahan Tiap Kolom

Kriteria	A	B	C
A	1	1/2	1/4
B	2	1	1/2
C	4	2	1
Jumlah	7	3,5	1,75

Pada Tabel 3.4 baris jumlah didapatkan dari penjumlahan hasil penilaian pada setiap kolom. Contoh pada kolom kriteria A yaitu angka 7 (baris jumlah) didapatkan dari penjumlahan nilai pada kolom kriteria A ($1+2+4$)

- b. Mencari matriks yang dinormalisasi

Tabel 3.5 Matriks Normalisasi

Kriteria	A	B	C
A	1/7	1/7	1/7
B	2/7	2/7	2/7
C	4/7	4/7	4/7
Jumlah	1.00	1.00	1.00

Pada Tabel 3.5 dilakukan normalisasi pada matrik perbandingan berpasangan yaitu dengan membagi setiap entri kolom dengan hasil penjumlahan pada setiap kolom. Contoh nilai 1/7 (pada kolom kriteria A) didapatkan dari nilai 1 (kolom kriteria A pada Tabel 3.4) dibagi dengan 7 (jumlah nilai pada kolom tersebut)

- c. Mencari nilai rata-rata (bobot) dari setiap baris (kriteria)

Tabel 3.6 Matriks Perhitungan Bobot Alternatif

Kriteria	A	B	C	Bobot
A	1/7	1/7	1/7	0.14
B	2/7	2/7	2/7	0.29
C	4/7	4/7	4/7	0.57
Jumlah	1.00	1.00	1.00	1.00

Pada Tabel 3.6 dicari nilai rata rata dari setiap baris, yaitu dengan menjumlahkan setiap entri pada setiap baris dan membaginya dengan jumlah entri. Contohnya nilai 0.14 (pada kolom bobot) didapatkan dari nilai baris pada Tabel 3.5 kemudian dibagi jumlah datanya $(1/7 + 1/7 + 1/7)/3 = 0,14$

Dari nilai rata-rata yang didapatkan menunjukkan bobot dari masing-masing elemen, dimana urutan dari nilai rata-rata menunjukkan tingkatan prioritasnya dengan bobot terbesar merupakan prioritas pertama.

5. Memeriksa konsistensi, yaitu agar keputusan yang diperoleh tidak didasarkan pada pertimbangan yang memiliki konsistensi yang rendah sehingga pertimbangan yang muncul terlihat acak. Nilai konsistensi yang didapatkan harus kurang dari atau sama dengan 10% atau 0,1. Jika tidak maka mutu informasi harus diperbaiki, mungkin dengan melakukan perbaikan cara menggunakan pertanyaan. Apabila tindakan tersebut gagal maka perlu kembali ke langkah kedua, hal ini mungkin terjadi karena permasalahan tidak terstruktur dengan baik. Berikut adalah langkah dalam memeriksa konsistensi data.

- a. Mencari bobot vektor.

Adapun contoh perhitungan untuk mencari bobot vektor dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Matriks Perhitungan Bobot Vektor

Kriteria	A	B	C	Jumlah
A	(1×0.14)	$(1/2 \times 0.29)$	$(1/4 \times 0.57)$	0.43
B	(2×0.14)	(1×0.29)	$(1/2 \times 0.57)$	0.86
C	(4×0.14)	(2×0.29)	(1×0.57)	1.71

Pada Tabel 3.7 nilai pada setiap entri didapatkan dari perkalian antara matrik *judgement* awal dengan bobot kriteria. Kemudian nilai 0.43 didapatkan dari hasil penjumlahan dari seluruh hasil perkalian pada setiap baris entri, yaitu $(1 \times 0.14) + (1/2 \times 0.29) + (1/4 \times 0.57) = 0.43$.

- b. Mencari nilai vektor konsistensi

Adapun contoh perhitungan nilai vektor konsistensi dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Perhitungan Vektor Konsistensi

Bobot Vektor	Bobot Kriteria	Vektor Konsistensi
0.43	0.14	3.07
0.86	0.29	2.97
1.71	0.57	3
Jumlah Vektor Konsistensi		9.04

Pada Tabel 3.8 nilai vektor konsisten didapatkan dari hasil pembagian antara bobot vektor dibagi dengan bobot kriteria. Contoh nilai 0.43 (bobot vektor) : 0.14 (bobot kriteria) = 3.07 (vektor konsistensi).

- c. Mencari nilai *Maximum Eigen Value*.

Adapun perhitungan yang dapat dilakukan untuk mencari nilai dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{maks}} &= \frac{\text{Jumlah vektor konistensi}}{n} \\ &= \frac{9.04}{3} \\ &= 3.01\end{aligned}\tag{3.2}$$

keterangan :

λ_{maks} = *Maximum Eigen Value*

n = Jumlah entri vektor konsistensi

- d. Mencari nilai *Consistency Index (CI)*.

Nilai CI dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$\begin{aligned}\text{CI} &= \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} \\ &= \frac{3.01 - 3}{3 - 1} \\ &= 0.005\end{aligned}\tag{3.3}$$

keterangan :

CI = *Consistency Index*

λ_{maks} = *Maximum Eigen Value*

n = Jumlah entri vektor konsistensi

- e. Mencari nilai *Consistency Ratio (CR)*

Nilai CR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\text{CR} = \frac{\text{CI}}{\text{RI}}\tag{3.4}$$

$$= \frac{0.005}{0.58}$$

$$= 0.0086$$

keterangan :

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

Nilai acak CI (*Random Index*) didapatkan dari Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Nilai *Random Index*

Ordo Matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Sumber : Saaty (1980)

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai konsistensi rasio sebesar 0.86% sehingga nilai tersebut kurang dari syarat konsistensi yaitu sebesar 10%. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa data *judgement* yang kita peroleh memiliki konsistensi yang baik.

3.5.2 Analisis Pembobotan Menyeluruh

Setelah didapatkan bobot dari masing-masing kriteria dan alternatif, maka dilakukan pembobotan secara menyeluruh terhadap alternatif-alternatif yang diajukan untuk menentukan ranking atau prioritas yang nantinya alternatif terbaik akan dilanjutkan pada tahap desain. Adapun contoh tabel pembobotan dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3.10 Penilaian Bobot dan Perangkingan Alternatif

No	Alternatif	Kriteria			Bobot	Ranking
		1	2	3		
		0.14	0.29	0.57		
1	Alternatif 1	X (0.14)	X (0.29)	X (0.57)	Y	1
2	Alternatif 2	X (0.14)	X (0.29)	X (0.57)	Y	2
3	Alternatif 3	X (0.14)	X (0.9)	X (0.57)	Y	3

Perhitungan pada Tabel 3.10, nilai X merupakan bobot dari masing-masing alternatif terhadap suatu kriteria dan nilai Y merupakan bobot alternatif secara menyeluruh terhadap kriteria-kriteria yang ditetapkan. Nilai Y didapatkan dari hasil penjumlahan dari bobot alternatif pada suatu kriteria dikalikan dengan bobot kriteria. Alternatif dengan bobot terbesar merupakan prioritas pertama untuk diajukan atau direkomendasikan.

3.6 Fondasi

Menurut Hardiyatmo (2002) fondasi merupakan komponen atau bagian dari sebuah bangunan yang terletak paling rendah dan memiliki fungsi meneruskan beban yang ada pada bangunan ke tanah atau batuan yang terdapat di bawah bangunan tersebut. Beberapa hal yang harus diperhatikan ketika menentukan jenis fondasi yang akan digunakan adalah bentuk dan keadaan bangunan, beban atau gaya yang bekerja dan kondisi tanah di bawahnya. Perencanaan desain fondasi dapat dikatakan benar jika kapasitas dukung tanah lebih besar dari beban yang diteruskan fondasi dan apabila beban yang diteruskan lebih besar maka terdapat kemungkinan terjadi penurunan yang berlebih atau keruntuhan (Das, 1998). Menurut Hardiyatmo (2006) terdapat beberapa persyaratan dalam perancangan fondasi yang harus dipenuhi, yaitu;

1. Nilai *safety factor* (SF) terhadap keruntuhan yang terjadi akibat kapasitas dukung tanah terlampaui harus terpenuhi. Nilai SF yang biasa diambil pada saat perencanaan adalah tiga (3).
2. Penurunan yang terjadi masih dalam batas yang diperbolehkan, terutama pada penurunan yang tidak seragam.

Terdapat berbagai macam jenis fondasi, namun jika ditinjau dari kedalaman atau elevasinya maka fondasi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam (Hardiyatmo, 1996). Adapun macam-macam fondasi dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan untuk penjabaran dari kedua jenis fondasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. Fondasi dangkal

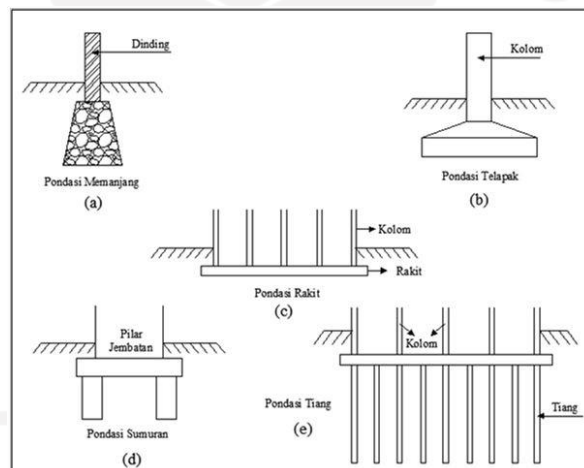
Jika kedalaman dari dasar fondasi sampai dengan muka tanah nilainya tidak lebih dari atau nilainya sama dengan lebar telapak fondasi ($D \leq B$) maka termasuk ke dalam jenis fondasi dangkal. Contoh dari fondasi dangkal yaitu;

- a. Fondasi memanjang
- b. Fondasi telapak
- c. Fondasi rakit

2. Fondasi Dalam

Jika dasar fondasi berada pada kedalaman lima kali lebar fondasi atau lebih besar ($D > B$) maka termasuk ke dalam jenis fondasi dalam. Contoh dari fondasi dalam yaitu:

- a. Fondasi sumuran atau koison
- b. Fondasi tiang



Gambar 3.5 Macam-macam Fondasi
(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

3.6.1 Fondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

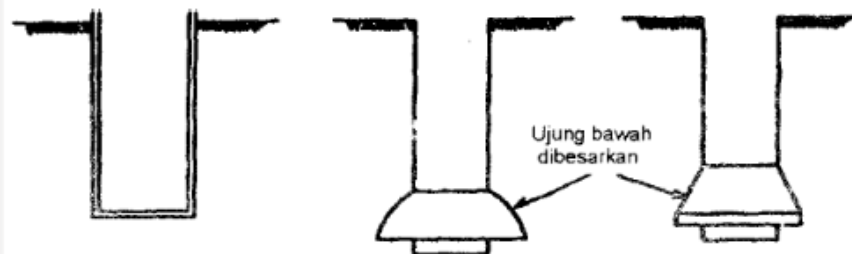
Fondasi sumuran adalah jenis fondasi yang memiliki bentuk seperti fondasi tiang namun letaknya relatif dangkal sehingga bentuknya merupakan peralihan antara fondasi tiang dan fondasi dangkal, serta penggunaan dari jenis fondasi ini biasa digunakan pada kondisi dimana letak lapis tanah yang kuat berada pada kedalaman atau elevasi yang relatif dalam (Hardiyatmo, 1996). Menurut Peck dkk. (1953) dalam Hardiyatmo (1996) fondasi kaison dan fondasi dangkal dapat

dibedakan berdasarkan nilai perbandingan antara kedalaman (D) dan lebarnya (B), dimana fondasi kaison memiliki nilai perbandingan $D/B > 4$ dan untuk fondasi dangkal memiliki nilai perbandingan $D/B \leq 1$.

Menurut Hardiyatmo (1996) fondasi kaison dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu;

1. *Drilled caisson* (Kaison bor)

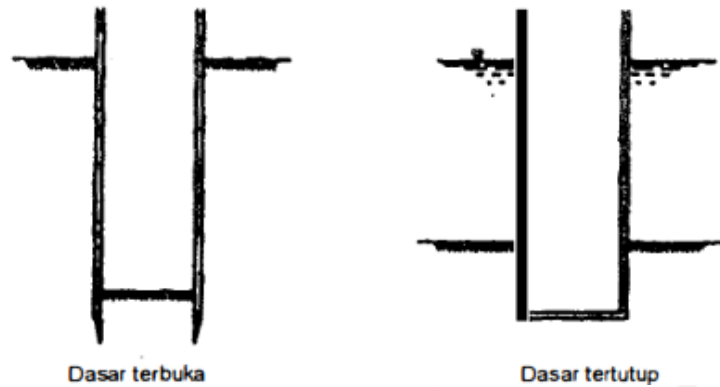
Metode pelaksanaan pada kaison tipe ini adalah dengan cara lebih dahulu dilakukan pengeboran dengan tujuan untuk membentuk lubang dalam tanah kemudian lubang yang sudah terbentuk diisi beton. Apabila ditemukan kondisi dasar fondasi tidak bertumpu pada lapisan tanah keras atau batuan maka dasar fondasi dapat diperbesar dengan tujuan untuk mereduksi tekanan yang berada pada tanah di bawah fondasi. Fondasi kaison bor dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Kaison Bor
(Sumber : Hardiyatmo, 2008)

2. *Caisson* (Kaison)

Fondasi tipe kaison dengan bentuk kotak atau silinder beton dalam pembuatannya dibuat dengan cara membenamkan atau memasukkan silinder beton pada tempatnya dan secara bersamaan dilakukan dengan proses penggalian tanah. Maksud dari penggunaan tipe fondasi ini adalah untuk mentransfer beban yang besar namun harus melewati air atau lapis tanah berstruktur jelek sebelum dasar fondasi mencapai lapis tanah yang memiliki daya dukung yang besar. Fondasi kaison dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Kaison
(Sumber : Hardiyatmo, 2008)

3.6.2 Fondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Menurut Hardiyatmo (2008) penggunaan fondasi tiang diterapkan apabila kondisi tanah pada elevasi atau kedalaman normal memiliki daya dukung yang tidak cukup kuat untuk menahan beban yang diteruskan dan lapis tanah keras berada pada elevasi yang sangat dalam. Kondisi lain yang memerlukan penggunaan fondasi tiang adalah pada bangunan dengan lantai banyak (*highrise building*) untuk menahan gaya angkat vertikal yang diakibatkan oleh beban yang bersifat menggulingkan seperti beban angin. Perbedaan antara fondasi koison dengan fondasi tiang secara umum adalah pada fondasi tiang lebih panjang dan memiliki diameter yang lebih kecil.

Tujuan atau maksud dari penggunaan fondasi tiang, yaitu:

1. Mentransfer baban dari bangunan yang letaknya berada di atas tanah lunak atau di atas air ke lapis tanah keras.
2. Mentransfer beban ke tanah lunak atau tanah dengan daya dukung ujung kurang baik dengan meletakkan fondasi pada kedalaman tertentu, dengan mengandalkan tahanan friksi antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya diharapkan fondasi memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang ada.
3. Menahan bangunan dari gaya angkat yang diakibatkan oleh momen penggulingan atau tekanan hidrostatik.

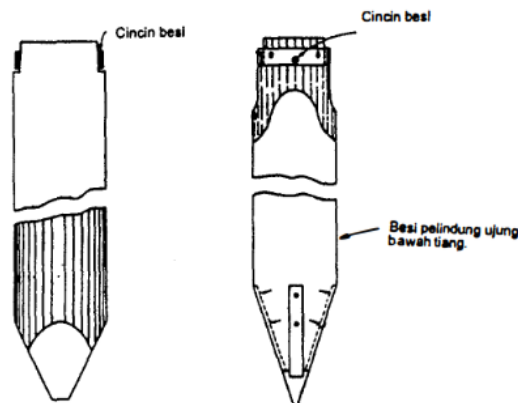
4. Menahan gaya horizontal.
5. Menambah kepadatan pada tanah berpasir, akibat bertambahnya kepadatan maka kapasitas dukung meningkat.
6. Sebagai *support* atau pendukung fondasi yang permukaannya mudah tergerus air.

Fondasi tiang dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Tiang dengan perpindahan besar
Tiang dengan perpindahan besar yaitu tiang baik pejal ataupun berongga yang memiliki ujung tertutup dan dipasang dengan cara memancang ke dalam tanah yang mengakibatkan terjadinya perpindahan tanah yang besar. Yang termasuk ke dalam kategori ini seperti tiang baja bulat (ujung tertutup), tiang beton pejal, tiang prategang, tiang kayu.
2. Tiang dengan perpindahan kecil
Kategori ini mirip dengan kategori sebelumnya, tetapi perpindahan tanah yang terjadi relatif kecil. Contohnya adalah tiang beton biasa dan tiang prategang berongga dengan ujung terbuka, tiang baja profil H, tiang ulir dan tiang baja berbentuk bulat dengan ujung terbuka.
3. Tiang tanpa perpindahan
Pada kategori ini tidak terjadi perpindahan (*displacement*) tanah karena proses pelaksanaannya yang dilakukan dengan cara dibor atau digali. Contoh tiang bor.

3.6.2.1 Fondasi Tiang Kayu

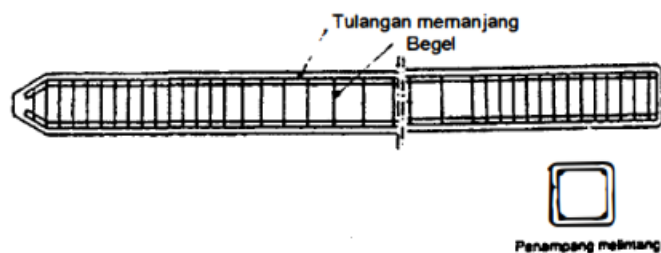
Menurut Hardiyatmo (2008) fondasi tiang kayu secara umum memiliki harga yang murah dan dalam penanganannya relatif mudah. Kekurangan dari jenis fondasi ini adalah karena materialnya berupa kayu maka dapat mengalami pembusukan atau dimakan oleh serangga. Fondasi tiang kayu dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Fondasi Tiang Kayu
(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

3.6.2.2 Fondasi Tiang Beton Pracetak atau Tiang Pancang (*Spun Pile*)

Menurut Hardiyatmo (2008) fondasi tipe pracetak dicetak atau diproduksi di lokasi tertentu sebelum digunakan, setelah itu fondasi diangkut menuju lokasi proyek. Macam bentuk dari tipe fondasi ini adalah berbentuk pejal atau berongga, dan berbentuk silinder, persegi atau segitiga. Metode pelaksanaan pekerjaan dilaksanakan dengan pemancangan baik menggunakan *hammer* atau dengan mesin hidrolik. Contoh dari fondasi tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.

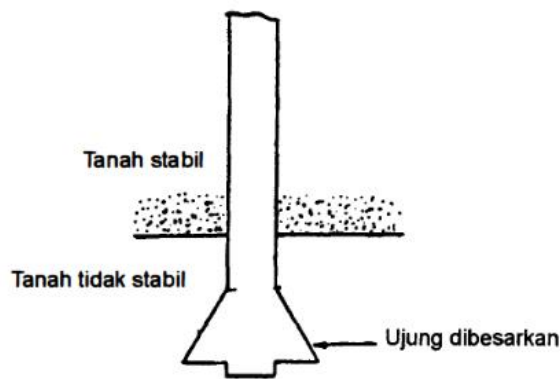


Gambar 3.9 Tiang Beton Pracetak
(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

3.6.2.3 Fondasi Tiang Bor (*Bore Pile*)

Menurut Hardiyatmo (2008) fondasi tiang bor merupakan tipe fondasi yang dalam pelaksanaannya dilakukan dengan mengebor terlebih dahulu tanah *existing* untuk membuat lubang, kemudian tulangan dimasukkan dan dicor beton. Tipe fondasi ini biasa digunakan pada tanah yang kaku dan stabil serta kondisi

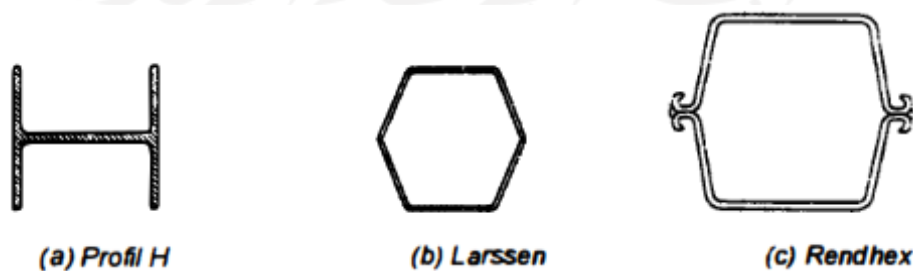
lingkungan yang tidak memungkinkan untuk dilaksanakan pemancangan. Apabila kondisi tanah merupakan tanah yang berpasir sehingga mudah mengalami kelongsoran maka perlu untuk dipasang *casing* dari besi untuk mencegah kelongsoran pada lubang bor. Kemudian apabila kondisi tanah yang lunak pada bagian dasar, desain pondasi dapat disesuaikan agar daya dukungnya meningkat dengan cara memperbesar ujung dasar fondasi seperti dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Fondasi Tiang Bor
(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

3.6.2.4 Tiang Baja Profil

Tiang baja profil masih termasuk ke dalam jenis tiang pancang, hanya materialnya yang berbeda yaitu menggunakan baja profil (Hardiyatmo, 2008). Tiang jenis ini memiliki kelebihan dalam menerima pukulan dengan beban yang besar ketika dilaksanakan pemancangan pada tanah keras. Profil baja yang tersedia antara lain profil H, segienam, empat persegi panjang dan lain-lain. Adapun contoh dari tiang baja dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Potongan Melintang Tiang Baja Profil
(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

3.6.2.5 Tiang Komposit

Menurut Hardiyatmo (2008) pada kondisi tanah tertentu perlu adanya modifikasi pada material maupun metode pelaksanaan pekerjaan fondasi agar tidak menimbulkan masalah baik pada saat pelaksanaan maupun dikemudian hari. Misalnya pada fondasi tiang kayu, masalah yang dapat muncul dari penggunaan jenis fondasi ini adalah terjadinya pembusukan pada bagian fondasi yang tidak terendam air. Hal tersebut dapat diatasi dengan menggabungkan fondasi tiang beton dengan fondasi tiang kayu, dimana fondasi tiang kayu diletakkan dibagian bawah dan tiang beton berada di atas.

3.7 Perhitungan Struktur pada Fondasi Dalam

Perhitungan struktur fondasi dimaksudkan untuk mencari desain fondasi yang aman sehingga mampu menahan gaya-gaya yang berasal dari bangunan dan dari dalam tanah. Menurut Hasan (2021) data yang dibutuhkan untuk mendesain fondasi adalah sebagai berikut.

1. Data beban bangunan pada tiap kolom
2. Data survey kedalaman fondasi bangunan sekitar
3. Data investigasi tanah (*soil investigation*) berupa:
 - a. *Cone Penetration Test*
 - b. *Standart Penetration Test*
 - c. Hasil uji labolatorium

Setelah data-data didapatkan maka dapat dilakukan desain fondasi, adapun tahapan desain fondasi adalah sebagai berikut.

3.7.1 Kapasitas Dukung *Pile*

Menurut Hasan (2021) kapasitas dukung *pile* dibagi menjadi dua yaitu, kapasitas dukung secara individu (tunggal) dan kapasitas dukung kelompok grup (kelompok). Pada jenis tanah lempung (*clay*) kapasitas dukung fondasi diambil dari nilai kapasitas dukung terkecil antara kapasitas dukung individu dan kelompok. Berikut merupakan perhitungan untuk kapasitas dukung *pile*

1. Kapasitas dukung individu

Kapasitas dukung *pile* terdiri dari kapasitas dukung ujung (*end bearing*) dan kapasitas dukung selimut (*friction*). Menurut Redana (2010) kapasitas dukung *ultimate* dapat dihitung dengan persamaan 3.5 dan 3.6 berikut.

$$Q_u = Q_p + Q_s - (W) \quad (3.5)$$

$$Q_u = (A_p \times q_c) + (K \times JHL) - W \quad (3.6)$$

Keterangan :

Q_u : Kapasitas dukung *ultimate pile* (kN)

Q_p : Kapasitas dukung ujung *pile* (*end bearing*) (kN)

Q_s : Kapasitas dukung selimut (*friction*) (kN)

A_p : Luas tampang ujung *pile* (m²)

q_c : Tahanan ujung sondir (kg/cm²)

K : Keliling *pile* (m)

JHL : Jumlah hambatan lekat (kg/cm)

W : Berat *pile* (kN)

Daya dukung ijin (*allowable*) *pile* dapat dihitung dengan persamaan 3.7 berikut.

$$Q_{all} = \frac{Q_p}{SF_{end}} + \frac{Q_s}{SF_{fric}} - W \quad (3.7)$$

Keterangan :

Q_{all} : Kapasitas dukung ijin *pile* (kN)

SF_{end} : Faktor aman daya dukung ujung

$SF_{friction}$: Faktor aman daya dukung selimut

2. Kapasitas dukung kelompok

Apabila dalam suatu perencanaan fondasi ditemukan kondisi dimana satu buah *pile* kapasitas dukung ijinnya (Q_{all}) kurang dari besar beban yang diteruskan oleh kolom maka dapat dilakukan rekayasa yaitu dalam satu kolom terdiri dari beberapa *pile* atau dengan kata lain *pile* dipasang secara

berkelompok yang kemudian antar *pile* diikat dengan menggunakan *pile cap* sehingga kelompok *pile* bekerja secara bersama. Hal yang harus diperhatikan adalah jumlah *pile*, jarak antar *pile*, konfigurasi *pile* dan kapasitas dukung kelompok.

a. Jumlah *pile*

Perhitungan jumlah kebutuhan *pile* dihitung dengan rumus persamaan 3.8 berikut.

$$n = \frac{P}{Q_{all}} \quad (3.8)$$

keterangan :

n : Jumlah *pile*

P : Beban vertikal kolom (kN)

Q_{all} : Kapasitas ijin *pile* tunggal (kN)

b. Jarak antar *pile* dan konfigurasi *pile*

Persyaratan jarak antar pusat *pile* berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L dalam Darojah (2019) dapat dilihat pada persamaan 3.9 dan 3.10 berikut.

$$S \geq 2,5D \quad (3.9)$$

$$S \leq 3 D \quad (3.10)$$

keterangan :

S : Jarak antar pusat *pile* (m)

D : Diameter *pile* (m)

c. Kapasitas dukung kelompok

Menurut Hardiyatmo (2008) dalam menentukan kapasitas dukung kelompok tiang perlu diperhatikan beberapa hal berikut.

- 1) Apabila kapasitas kelompok *pile* atau *block* (Q_g) lebih kecil dari kapasitas dukung *pile* tunggal dikali banyak *pile* (nQ_u), maka yang

digunakan sebagai kapasitas dukung fondasi adalah kapasitas kelompok *pile* (Q_g).

- 2) Sebaliknya, apabila kapasitas dukung *pile* tunggal dikali banyak *pile* (nQ_u) lebih kecil dari kapasitas kelompok *pile* atau *block* (Q_g), maka yang digunakan sebagai kapasitas dukung fondasi adalah kapasitas dukung *pile* tunggal dikali banyak *pile* (nQ_u).

Perhitungan kapasitas dukung *pile* tunggal dalam kelompok dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.11 berikut.

$$\Sigma nQ_u = n \times Q_{all} \quad (3.11)$$

keterangan :

ΣQ_g : Daya dukung *pile group* (kN)

n : Jumlah *pile*

Q_{all} : Daya dukung ijin *pile* tunggal (kN)

Untuk kapasitas kelompok *pile* atau *block* (Q_g) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.12 dan 3.13 berikut.

$$\Sigma Q_g = L_g \times B_g \times C_u \times N_c + 2 \times (L_g + B_g) \times (c_u \times \Delta L) \quad (3.12)$$

$$\Sigma Q_g = L_g \times B_g \times q_c + 2 \times (L_g + B_g) \times JHL \quad (3.13)$$

Keterangan :

ΣQ_g : Kapasitas dukung *pile group* (kN)

L_g : Panjang blok (m)

B_g : Lebar blok (m)

q_c : Tahanan ujung didasar blok (kN)

c_u : Koefisien *consolidated undrained* (kN/m²)

ΔL : Kedalaman lapis tanah (m)

JHL : Jumlah hambatan lekat (kN/m)

3.7.2 Desain Struktur *Pile Cap*

Menurut Pamungkas dan Harianti (2013) *pile cap* memiliki fungsi mengikat *pile* menjadi satu kesatuan sehingga dalam meneruskan beban kolom ke tanah semua *pile* bekerja secara bersama. Dalam melakukan desain *pile cap* digunakan beberapa asumsi antara lain sebagai berikut.

1. *Pile cap* dianggap sangat kaku.
2. *Pile* menggantung pada *pile cap*, sehingga tidak terdapat momen lentur yang disebabkan oleh *pile cap* terhadap tiang.
3. *Pile* adalah kolom yang pendek dan elastis, sehingga deformasi dan distribusi tegangan membentuk bidang rata.

3.7.2.1 Perhitungan Gaya Geser

1. Gaya geser satu arah

Gaya geser satu arah dapat dihitung dengan persamaan 3.14 berikut.

$$V_u = \sigma \times L \times G' \quad (3.14)$$

keterangan :

V_u = Gaya geser (kN)

σ = Tegangan akibat beban kolom (kN/m²)

L = Panjang fondasi (m)

G' = Panjang daerah pembebanan yang diperhitungkan (m)

Tegangan akibat beban kolom dapat dihitung dengan persamaan 3.15 berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.15)$$

keterangan :

σ = Tegangan akibat beban kolom (kN/m²)

P = Beban axial kolom (kN)

A = Luas dasar *pile cap* (m²)

Panjang daerah pembebanan dapat dihitung dengan persamaan 3.16 berikut.

$$G' = B - \left(\frac{B}{2} + \frac{b}{2} + d \right) \quad (3.16)$$

keterangan :

G' = Panjang daerah pembebanan yang diperhitungkan (m)

B = Lebar *pile cap* (m)

b = Lebar kolom (m)

2. Kuat geser *pile cap* untuk satu arah

Untuk menghitung kuat geser *pile cap* untuk satu arah dapat dihitung dengan persamaan 3.17 berikut.

$$\phi \times V_c = \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times B_x \times d \quad (3.17)$$

keterangan :

V_c = Gaya geser beton (kN)

ϕ = Faktor reduksi kuat geser

f_c = Kuat tekan beton (MPa)

B_x = Panjang *pile cap* (m)

d = Tebal efektif *pile cap* (m)

Adapun syarat untuk besar kuat gaya geser *pile cap* adalah kurang dari besar gaya geser satu arah yang terjadi pada *pile cap* ($\phi \times V_c > V_u$)

3. Gaya geser dua arah

Besar gaya geser dua arah yang terjadi pada *pile cap* dapat dihitung dengan persamaan 3.18 berikut.

$$V_u = \sigma \times (L^2 - G'^2) \quad (3.18)$$

keterangan :

V_u = Gaya geser (kN)

σ = Tegangan akibat beban kolom (kN/m²)

L = Panjang fondasi (m)

G' = Panjang daerah pembebanan yang diperhitungkan (m)

4. Kuat geser *pile cap* untuk dua arah

Kuat geser *pile cap* untuk dua arah dapat dihitung dengan persamaan 3.19, 3.20, dan 3.21. Nilai kuat geser V_c yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil.

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \quad (3.19)$$

$$V_{c2} = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \times \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \quad (3.20)$$

$$V_{c3} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \quad (3.21)$$

keterangan :

V_{c1} = Kuat geser *pilecap* 1 (kN)

V_{c2} = Kuat geser *pilecap* 2 (kN)

V_{c3} = Kuat geser *pilecap* 3 (kN)

ϕ = Faktor reduksi kuat geser

β_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

b_o = Keliling penampang kritis *pile cap* (m)

d = Tebal efektif *pilecap* (m)

α_s = Koefisien posisi kolom

Adapun syarat untuk besar kuat gaya geser aman *pile cap* adalah kurang dari besar gaya geser dua arah yang terjadi pada *pile cap* ($\phi \times V_c > V_u$).

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom dapat dihitung dengan persamaan 3.22 berikut.

$$\beta_c = \frac{b_y}{b_x} \quad (3.22)$$

keterangan :

β_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_y = Lebar kolom sisi panjang (m)

b_x = Lebar kolom sisi pendek (m)

Lebar penampang kritis *pile cap* dapat dihitung dengan persamaan 3.23 berikut.

$$B' = b + 2 \times \frac{1}{2} \times d \quad (3.23)$$

keterangan :

B' = Lebar penampang kritis *pile cap* (m)

b = Lebar kolom (m)

d = Tebal efektif *pile cap* (m)

Keliling penampang kritis *pile cap* dapat dihitung dengan persamaan 3.24 berikut.

$$b_o = 4B' \quad (3.24)$$

keterangan :

b_o = Keliling penampang kritis *pile cap* (m)

B' = Lebar penampang kritis *pile cap* (m)

3.7.2.2 Perhitungan Tulangan

1. Tulangan lentur

a. Lebar penampang kritis

Lebar penampang kritis dapat dihitung dengan persamaan 3.25 berikut.

$$B' = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} \quad (3.25)$$

keterangan :

B' = Lebar penampang kritis (m)

B = Lebar *pile cap* (m)

b = Lebar kolom (m)

b. Momen yang terjadi pada *pile cap*

Besar momen yang terjadi pada *pile cap* dapat dihitung dengan persamaan 3.26 berikut.

$$M_u = 2 \times \frac{P_u}{4} \times b - \frac{1}{2} \times q' \times B'^2 \quad (3.26)$$

keterangan :

M_u = Momen yang terjadi pada *pile cap* (kNm)

P_u = Beban kolom (kN)

b = lebar kolom (m)

q' = Berat *pile cap* pada penampang kritis (kN/m)

B' = Lebar penampang kritis (m)

c. Momen nominal *pile cap*

Besar faktor reduksi kapasitas momen nominal *pile cap* adalah $\phi = 0,8$.

Besar momen yang terjadi pada *pile cap* dapat dihitung dengan persamaan 3.27 berikut.

$$\phi \times M_n = \phi \times A_s \times F_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a\right) \quad (3.27)$$

keterangan :

M_n = Momen nominal *pile cap* (kNm)

ϕ = Faktor reduksi kapasitas momen nominal

A_s = Luas tulangan dipakai (mm²)

F_y = Kuat tarik baja (MPa)

d = Tinggi efektif *pile cap* (m)

a = Jarak daerah pembebanan (mm)

Adapun syarat untuk momen nominal *pile cap* adalah kurang dari momen *ultimate* yang terjadi pada *pile cap* ($\phi \times V_c > V_u$)

d. Kebutuhan tulangan

Luas tulangan yang dipakai pada dapat dihitung dengan persamaan 3.28 berikut.

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \quad (3.28)$$

keterangan :

As = Luasan tulangan yang dipakai (mm^2)

d = Diameter tulangan (mm)

n = Jumlah tulangan dipakai

3.7.3 Desain Struktur *Bore Pile*

3.7.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur

Proses desain tulangan lentur *bore pile* dilakukan dengan menggunakan program *SP Collumn V6.0.0* . Adapun langkah dalam perhitungan tulangan dan kapasitas *bore pile* adalah sebagai berikut.

1. Memasukkan data informasi umum

Langkah pertama adalah mengisi informasi umum proyek pada menu *general information* yang berisi tentang informasi umum terkait desain yang akan dilakukan, seperti nama proyek, unit satuan yang digunakan dan arah *Running Axis*. Langkah yang dapat dilakukan adalah klik menu *Input - General Information*.

2. Memasukkan data material

Tahap selanjutnya adalah mengisi data material pada menu *Material Properties*. Pada menu tersebut berisi mengenai mutu beton dan mutu besi tulangan yang akan digunakan. Langkah yang dapat dilakukan adalah klik menu *Input – Material Properties*.

3. Memilih bentuk dan dimensi penampang

Untuk memilih bentuk penampang dapat digunakan menu *Section*, dimana pada menu ini tersedia tiga pilihan bentuk penampang yaitu Rectangular, Circular dan Irregular. Kemudian akan muncul *tool box* untuk memasukkan dimensi penampang yang digunakan.

4. Memasukkan data tulangan

Data besi tulangan yang digunakan dapat dimasukkan pada menu *Input – Reinforcement* kemudian pilih *All Side Equal*. Kemudian masukkan data besi tulangan yang digunakan seperti jumlah, ukuran diameter dan lebar bersih selimut beton.

5. Memasukkan beban

Langkah untuk memasukkan beban yang bekerja pada *pile* adalah pilih *Input* - *Load* dan pilih jenis pembebanan sesuai data beban yang dimiliki. Terdapat beberapa pilihan jenis pembebanan yang dapat digunakan antara lain *Factored*, *Service*, *Control Point*, dan *Load Combination*.

6. Melakukan analisis struktur

Analisis struktur dilakukan untuk mengetahui permodelan struktur yang telah dibuat apakah aman untuk digunakan. Untuk melakukan analisis struktur digunakan menu *Excute* pada menu bar *Solve*.

3.7.3.2 Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser pada *pile* mengacu pada SNI 2847-2013. Adapun persamaan yang digunakan untuk perhitungan tulangan geser adalah sebagai berikut.

1. Gaya geser nominal pada *pile*

Besar gaya geser nominal pada *pile cap* dapat dihitung dengan persamaan 3.29 berikut.

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \sqrt{F'_c} \times D \times d \times 1000 \quad (3.29)$$

Syarat, $V_u < \phi V_c$

keterangan :

V_c = Gaya geser nominal (kN)

ϕ = Faktor reduksi geser

F'_c = Kuat tekan beton (Mpa)

b = Diameter pile (mm)

d = Titik berat tulangan (mm)

2. Jarak tulangan geser maksimal

Jarak tulangan geser maksimal yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan 3.30 berikut.

$$S = \frac{A_v \times d \times F_y}{(V_n - V_c)} \quad (3.30)$$

Syarat, $s < 0.5d$

keterangan :

S	= Jarak tulangan (mm)
A_v	= Luas tulangan digunakan (mm^2)
F_y	= Kuat tarik baja (Mpa)
V_c	= Gaya geser nominal (kN)
d	= Titik berat tulangan tekan (mm)

3.8 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Sulistyantoro (2022) Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat didefinisikan sebagai perkiraan biaya untuk setiap pekerjaan yang dilaksanakan dalam sebuah proyek, sehingga didapatkan total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Manfaat membuat RAB adalah estimasi biaya yang akan digunakan dalam proyek menjadi lebih detail dan jelas, sehingga tidak terjadi deviasi yang terlalu besar antara biaya yang dianggarkan dengan biaya pelaksanaan dilapangan.

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam menyusun rencana anggaran biaya proyek.

1. Menghitung volume pekerjaan berdasarkan gambar rencana

Sebelum melakukan perhitungan volume pekerjaan terlebih dahulu untuk mempelajari gambar DED dan RKS, karena gambar DED dan RKS merupakan dasar untuk menentukan uraian pekerjaan, ukuran atau volume dan spesifikasi material yang akan digunakan. Setelah item-item pekerjaan diuraikan kemudian langkah selanjutnya yaitu menghitung volume pekerjaan. Jumlah volume pekerjaan dapat dapat dihitung dengan persamaan 3.31 berikut.

$$\text{Volume} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \times \text{Jumlah} \quad (3.31)$$

Untuk satuan volume yang dihitung menyesuaikan satuan yang digunakan pada analisis harga satuan seperti meter (m), meter persegi (m^2), meter kubik (m^3) dan kilogram (kg).

2. Membuat daftar harga satuan bahan dan tenaga kerja

Daftar harga satuan bahan dan tenaga kerja dibuat berdasarkan harga-harga terkini yang berada di daerah sekitar lokasi proyek. Harga-harga tersebut dapat mengacu pada hasil survey langsung atau berdasarkan standar harga barang dan jasa yang dibuat oleh pemerintah daerah. Adapun contoh daftar harga satuan tenaga kerja dan upah dapat dilihat pada Tabel 3.11 dan Tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.11 Contoh Harga Satuan Tenaga Kerja

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp.)
1	Pekerja	OH	80.000,-
2	Tukang batu	OH	90.000,-
3	Kepala Tukang	OH	95.000,-
4	Mandor	OH	100.000,-

Tabel 3.12 Contoh Harga Satuan Bahan

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp.)
1	PC	kg	1.125,-
2	PP	m^3	150.000,-
3	Bata merah	bh	800,-
4	Batu belah 15 cm/20cm	m^3	160.000,-

3. Membuat analisis harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan kombinasi antara harga satuan tenaga kerja, material dan alat. Koefisien atau tabel analisis harga satuan yang digunakan mengacu pada peraturan terbaru yang diterbitkan oleh pemerintah. Untuk menghitung harga satuan pekerjaan dapat digunakan persamaan 3.32 berikut.

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = (k_{\text{upah}} \times \text{H.S Upah}) + (k_{\text{bahan}} \times \text{H.S. Bahan}) + (k_{\text{alat}} \times \text{H.S Alat}) \quad (3.32)$$

keterangan :

k_{upah} = Koefisien upah

k_{bahan} = Koefisien bahan

k_{alat} = Koefisien alat

H.S Upah = Harga satuan upah (Rp.)

H.S Bahan = Harga satuan bahan (Rp.)

H.S Alat = Harga satuan alat (Rp.)

Adapun contoh analisis harga satuan dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.13 Contoh Analisis Harga Satuan

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Memasang 1 m ² plesteran 1 PC : 3 PP tebal 15 mm						
A	BAHAN					
1	PC		Kg	7,776	1.125,-	8.748,-
2	PP		M3	0,023	150.000,-	3.450,-
JUMLAH HARGA BAHAN						12.198,-
B	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,300	80.000,-	24.000,-
2	Tukang batu	L.02	OH	0,150	90.000,-	13.500,-
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,015	95.000,-	1.425,-
4	Mandor	L.04	OH	0,015	100.000,-	1.500,-
JUMLAH TENAGA KERJA						40.425,-
C	PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT						
D	Jumlah (A+B+C)					52.623,-

4. Menghitung harga pekerjaan berdasarkan volume dan harga satuan

Langkah selanjutnya setelah didapatkan volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan adalah mengalikan volume dan harga satuan, sehingga didapatkan besar biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap item pekerjaan. Untuk menghitung biaya pekerjaan dapat menggunakan persamaan 3.33 berikut.

$$\text{Besar biaya pekerjaan} = \text{volume} \times \text{harga satuan pekerjaan} \quad (3.33)$$

Adapun contoh perhitungan biaya pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Contoh Perhitungan Biaya Pekerjaan

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	Pekerjaan pasangan				
1	Pondasi batu belah 1 PC : 6 PP	2,20	m ³	609.900,-	1.341.760,-
2	Pasangan dinding 1 PC : 5 PP	15,00	m ²	109.090,-	1.636.350,-
3	Plasteran 1 PC : 1 PP	30,00	m ²	52.623	1.578.690,-
Total (Rp)					4.556.820,-

5. Membuat rekapitulasi biaya

Langkah terakhir dalam menyusun RAB adalah melakukan rekapitulasi atau menjumlah biaya dari dari seluruh item pekerjaan seperti pekerjaan struktural, arsitektural dan mekanikal sehingga dapat diketahui besar biaya langsung yang diperlukan untuk melaksanakan sebuah proyek.

3.9 Kesimpulan

Telah diuraikan mengenai teori-teori atau pendapat yang dikemukakan oleh para ahli yang digunakan sebagai dasar, landasan atau acuan dalam melaksanakan penelitian ini. Teori atau pendapat tersebut diperoleh dari penelitian para ahli yang sudah teruji kebenarannya serta sudah diakui, sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian atau analisis. Kemudian pada bab selanjutnya yaitu pada bab empat akan dijelaskan mengenai metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Uraian Umum

Pada bab sebelumnya yaitu pada bab tiga telah diuraikan mengenai landasan teori pada penelitian ini. Selanjutnya pada bab ini akan dijelaskan mengenai metode penelitian yang digunakan.

Menurut Hadjar (1999) dalam Rahmadi (2011) metode penelitian merupakan teknik atau cara-cara yang digunakan dalam proses mengumpulkan dan melakukan analisis data yang dikembangkan dengan tujuan mendapatkan pengetahuan melalui prosedur yang terpercaya dan *reliable*. Oleh karena itu, penyusunan metode sangat diperlukan dalam sebuah penelitian karena dengan metode yang baik akan mempermudah dalam pelaksanaan penelitian sehingga tujuan dari penelitian tersebut dapat tercapai.

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode analisis *value engineering*, dimana pada metode analisis ini sudah memiliki langkah-langkah atau urutan yang tersusun secara terarah dan sistematis (*value engineering job plan*).

4.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian dapat didefinisikan sebagai tempat data atau informasi terkait variable atau objek yang akan diteliti berada, dimana tempat tersebut dapat berupa benda, hal atau orang (Arikunto, 1998). Berdasarkan pengertian tersebut, subjek pada penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD DIY.

4.3 Objek Penelitian

Menurut Supriati (2015) dalam Cahyania (2018) objek penelitian merupakan variabel atau hal yang akan ditinjau atau dilakukan penelitian yang berada pada lokasi penelitian. Berdasarkan pengertian tersebut, pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah penerapan VE pada pekerjaan struktur

fondasi dengan desain fondasi *existing* menggunakan fondasi *bore pile* diameter 60 cm, dan nantinya akan dicari apakah terdapat alternatif fondasi pengganti dengan harapan dapat menekan biaya pelaksanaan tanpa mengurangi fungsi dasar dari fondasi tersebut.

4.4 Data dan Metode Pengumpulan Data

Menurut Arikunto (1998) data adalah seluruh hal yang berupa fakta dan angka yang bisa menjadi bahan dalam menyusun suatu informasi. Menurut Riduwan (2015) metode pengumpulan data adalah cara atau teknik dalam mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam sebuah penelitian. Adapun data yang akan digunakan dalam penelitian dan metode pengumpulan data yang digunakan dikelompokkan menjadi dua, adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Data Primer

Menurut Bungin (2006) dalam Rahmadi (2011) data primer memiliki pengertian data atau informasi yang didapatkan dari sumber pertama atau didapatkan secara langsung baik dari objek atau lokasi yang digunakan dalam penelitian. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah ide-ide atau alternatif-alternatif desain fondasi dan penilaian atau *judgement* terhadap perbandingan berpasangan pada pembobotan.

Metode pengumpulan data tersebut adalah dengan menggunakan teknik angket atau kuesioner. Kuesioner merupakan teknik dalam mengumpulkan data yang dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan-pertanyaan tertulis yang telah disusun secara sistematis untuk diisi oleh responden (Rahmadi, 2011). Menurut Arikunto (1998) responden dapat didefinisikan sebagai orang atau individu yang memberikan jawaban dan respon dari pertanyaan yang diberikan oleh peneliti baik secara lisan atau tulisan.

2. Data Sekunder

Menurut Amirin (1995) data sekunder merupakan data yang didapatkan dari pihak kedua atau data yang sudah diolah lebih lanjut yang di dalamnya memuat mengenai informasi atau data yang dibutuhkan dalam penelitian.

Adapun data sekunder yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain daftar harga satuan material dan alat, analisis harga satuan pekerjaan, upah tenaga kerja, gambar *Detail Engineering Design* (DED), *Bill of Quantity* (BoQ), Rencana Kerja dan Syarat (RKS), dan data investigasi tanah.

Untuk data sekunder metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan mencari informasi dengan teknik dokumentasi. Menurut Rahmadi (2011) teknik dokumentasi adalah teknik dalam mengumpulkan data dengan cara mengumpulkan dokumen atau informasi berupa dokumen tertulis atau terekam. Data-data sekunder yang diperlukan didapatkan dari konsultan perencana, lembaga pemerintahan dan penyedia barang/jasa terkait, serta laporan praktik kerja magang yang telah dilakukan oleh Saputro (2021).

4.5 Tahapan Rekayasa Nilai

Terdapat beberapa teori yang menjelaskan mengenai tahapan analisis rekayasa nilai atau *value engineering job plan*, seperti yang dikemukakan oleh para ahli maka pada penelitian ini digunakan *value engineering job plan* berdasarkan teori dari Dell'isolla karena tahapan yang dikemukakan lebih sederhana sehingga lebih mudah untuk dipahami serta sudah mencakup secara keseluruhan tahapan yang diperlukan. Adapun tahapan-tahapan yang dikemukakan oleh Dell'Isolla (1997) tersebut adalah sebagai berikut.

4.5.1 Tahap Informasi

Tahap ini nantinya akan dikumpulkan semua informasi dan data-data yang terkait dengan Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY terutama pada pekerjaan fondasi, dimana tahap ini menjadi tahapan awal dari *value engineering job plan*. Data yang didapatkan nantinya akan menjadi modal informasi yang digunakan untuk melakukan analisis VE. Untuk mengetahui fungsi dari objek yang ditinjau maka pada tahap informasi juga dilakukan analisis fungsi, dimana tujuannya adalah untuk mendeskripsikan fungsi-fungsi dari komponen-komponen fondasi. Data dan informasi yang didapatkan setidaknya mencakup hal-hal berikut.

1. Deskripsi proyek.
2. Objek yang ditinjau.
3. Fungsi dari objek yang ditinjau.

4.5.2 Tahap Kreatif

Setelah seluruh informasi yang diperoleh dirasa cukup, maka langkah atau tahap selanjutnya yaitu tahap kreatif. Pada tahap ini akan dicari alternatif-alternatif fondasi yang dapat digunakan, sehingga diharapkan dengan alternatif yang direkomendasikan biaya yang akan dikeluarkan untuk pekerjaan fondasi dapat ditekan atau menjadi lebih ekonomis.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan alternatif-alternatif fondasi adalah dengan menggunakan metode *Brainstorming* dan *The Gordon Technique*. Sedangkan pada tahap kreatif ini metode yang digunakan adalah dengan metode *Brainstorming*, yaitu metode penyelesaian masalah melalui sebuah diskusi bersama melalui ide-ide yang dikemukakan. Prinsip dasar metode *Brainstorming* adalah sebagai berikut.

1. Kuantitas ide yang sebanyak-banyaknya.
2. Tidak diperkenankan untuk melakukan evaluasi terhadap ide yang disampaikan.

4.5.3 Tahap Analisis

Pada tahap analisis, alternatif-alternatif fondasi muncul kemudian akan dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menentukan prioritas alternatif yang akan direkomendasikan dan akan dipilih alternatif fondasi yang kemudian akan dilakukan desain struktur serta perhitungan biaya. Terdapat beberapa tahapan yang akan dilakukan terhadap alternatif yang ada, antara lain.

1. Analisis keuntungan dan kerugian

Pada tahap ini akan dinilai mengenai keuntungan dan kerugian dari penggunaan alternatif fondasi yang muncul pada tahap kreatif oleh responden berdasarkan pengalaman dan pengetahuan mereka. Kemudian hasil penilaian alternatif akan dianalisis sehingga didapatkan bobot dari masing-masing alternatif. Bobot dari setiap alternatif tersebut masih belum dapat menentukan

ranking dari setiap alternatif karena bobot dari setiap kriteria akan berbeda sesuai dengan hasil pembobotan dengan menggunakan AHP.

2. Analisis penilaian dengan kriteria non-biaya

Setelah didapatkan bobot alternatif-alternatif fondasi berdasarkan keuntungan dan kerugian, maka pada tahap selanjutnya adalah penilaian atau pembobotan kriteria pemilihan alternatif fondasi. Untuk menentukan bobot dari masing-masing kriteria menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan untuk pengambilan keputusan alternatif desain menggunakan analisis pembobotan secara menyeluruh.

Judgement terhadap tahap analisis perbandingan berpasangan terhadap kriteria dan alternatif dilakukan oleh responden yang memiliki latar belakang akademisi dan praktisi pada dengan kriteria memiliki Surat Keterangan Ahli Madya untuk Teknik Bangunan Gedung atau memiliki pengalaman minimal 5 tahun.

3. Tahap desain fondasi

Pada tahap desain akan dilakukan perhitungan daya dukung pada alternatif fondasi yang sudah ditetapkan. Perhitungan tersebut meliputi perhitungan daya dukung fondasi tunggal dan daya dukung fondasi secara berkelompok. Dari perhitungan yang dilakukan dapat diketahui jumlah kebutuhan fondasi dan konfigurasinya sehingga aman untuk digunakan.

4. Perhitungan biaya pekerjaan fondasi

Setelah desain rancangan fondasi ditentukan, kemudian dilakukan analisis perhitungan biaya untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan fondasi dengan menggunakan desain alternatif yang dipilih. Perhitungan biaya dilakukan peneliti dengan mengacu pada analisis harga satuan pekerjaan dan harga material yang berlaku di Kabupaten Kulon Progo.

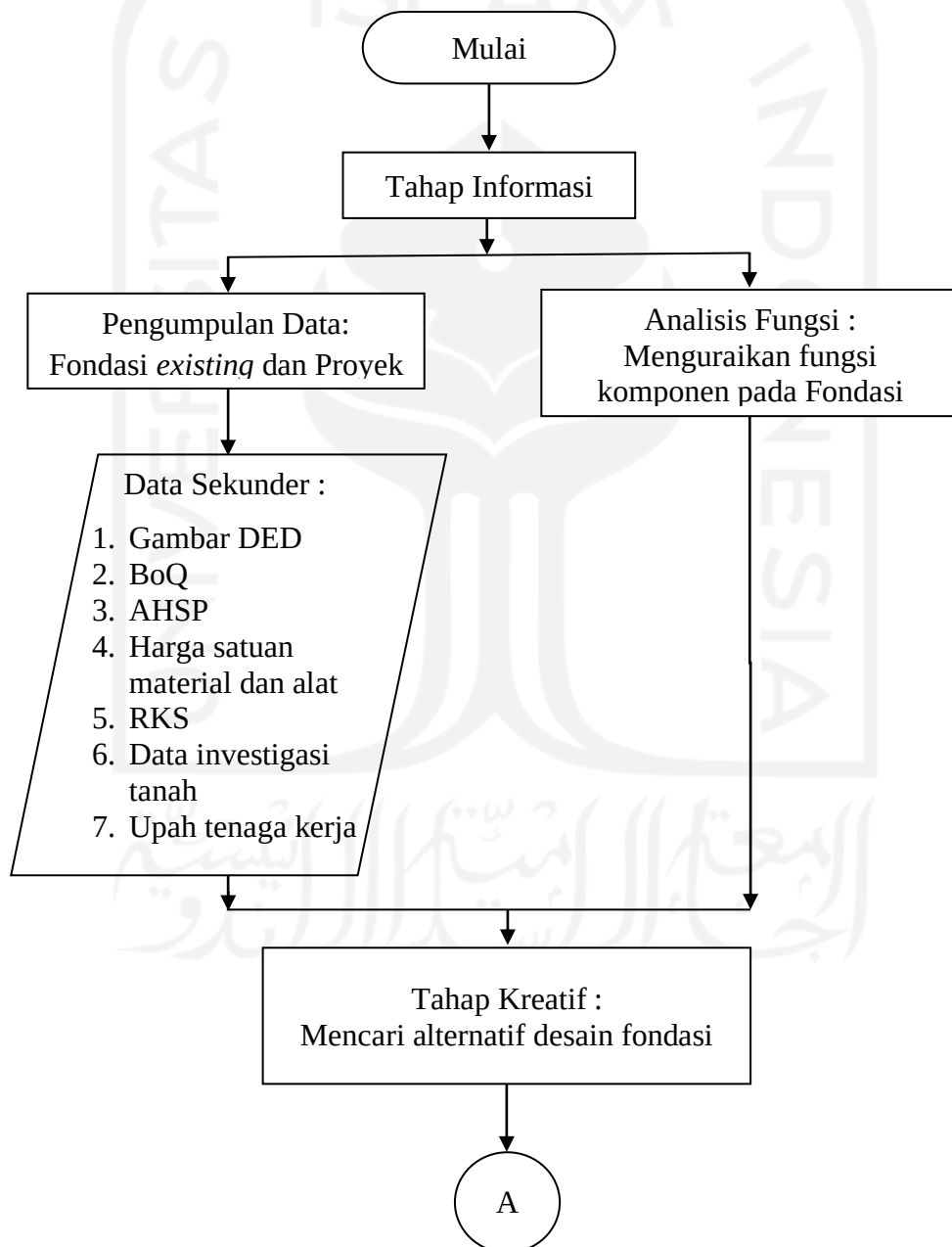
4.5.4 Tahap Rekomendasi

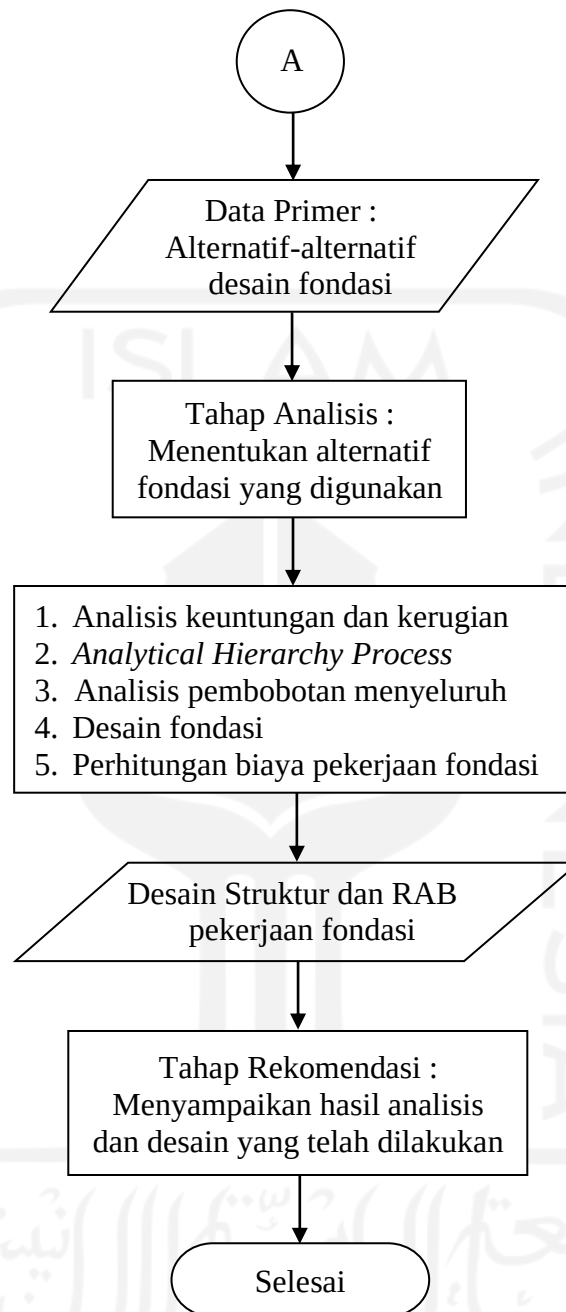
Tahap rekomendasi merupakan tahapan untuk mengajukan alternatif fondasi terbaik berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya. Pada tahap ini juga disampaikan terkait kelebihan secara teknis dan ekonomis dari

alternatif yang digunakan untuk memperkuat hasil analisis yang direkomendasikan. Kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan desain fondasi sesuai rencana awal.

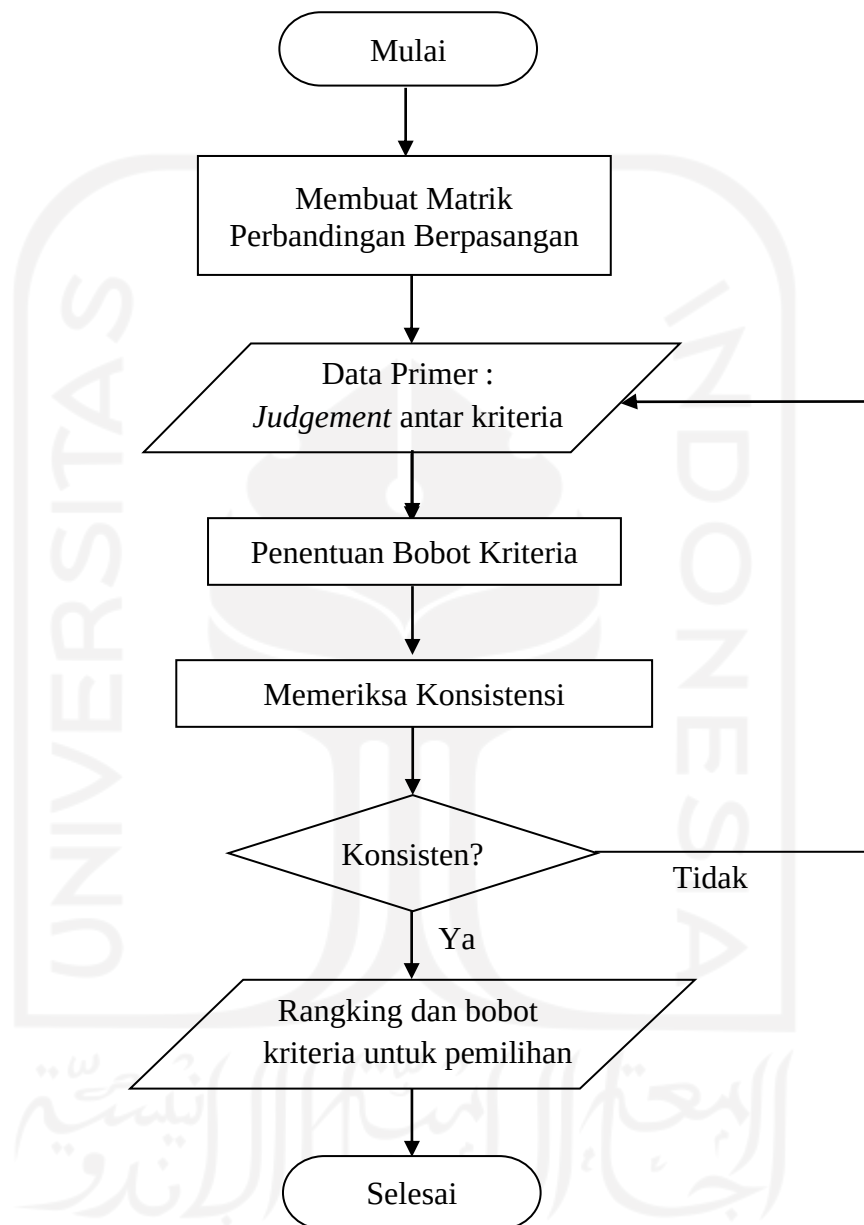
4.6 Alur Penelitian (*Flowchart*)

Diagram alur (*Flowchart*) pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.





Gambar 4.1 Flowchart Penelitian



Gambar 4.2 *Flowchart Analytical Hierarchy Process*

4.7 Kesimpulan

Pada bab ini telah diuraikan mengenai bagaimana metode penelitian yang digunakan dalam melaksanakan penelitian dan didalamnya juga telah diuraikan mengenai subjek dan objek penelitian, data yang digunakan, metode pengumpulan

data serta tahapan dalam melakukan rekayasa nilai. Kemudian pada bab selanjutnya yaitu pada bab lima akan menjelaskan mengenai bagaimana pengambilan keputusan menggunakan metode *value engineering* dari informasi atau data-data yang telah didapatkan sehingga didapatkan keputusan desain alternatif fondasi berserta desain dan rencana anggaran biayanya.



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai bagaimana tahapan atau metode yang digunakan pada penelitian ini, kemudian pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis *value engineering* pada pekerjaan fondasi proyek pembangunan gedung DRC PT Bank BPD DIY dengan mengikuti tahapan *value engineering job plan* atau rencana kerja rekayasa nilai yang telah diuraikan sebelumnya. Adapun uraian mengenai tahapan rencana kerja rekayasa nilai tersebut adalah sebagai berikut.

5.1 Tahap Informasi

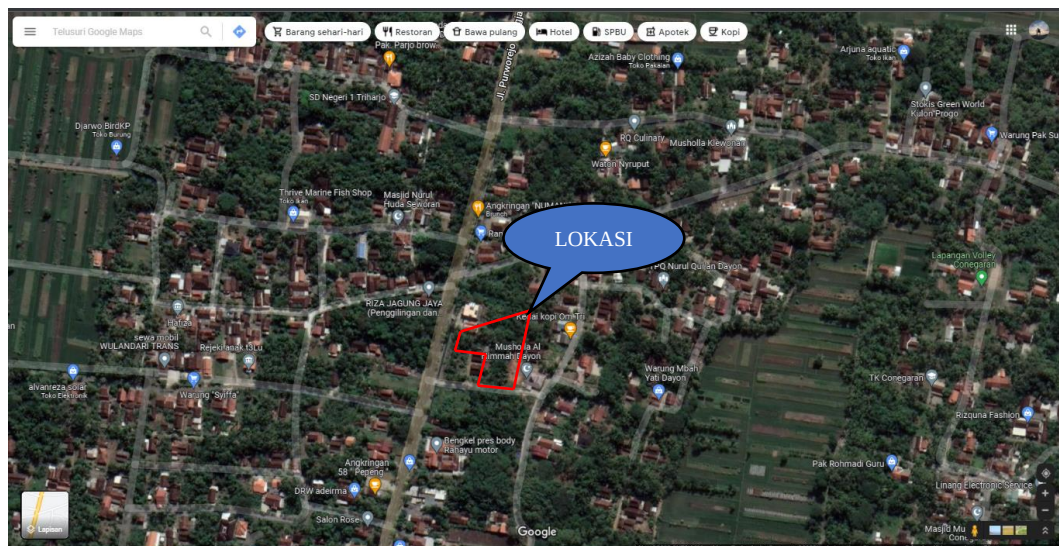
Pada tahap informasi akan menjelaskan mengenai data atau informasi mengenai objek dan subjek pada penelitian. Informasi tersebut didapatkan dari PT Muara Mitra Mandiri selaku kontraktor, PT Proporsi selaku konsultan perencana dan laporan praktik kerja magang Saputro (2021) pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY. Adapun informasi atau data yang didapatkan adalah sebagai berikut.

5.1.1 Data Umum Proyek

Berikut ini merupakan data umum Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY.

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Nama proyek | : Proyek Pembangunan Gedung <i>Disaster Recovery Center</i> (DRC) |
| 2. Pemilik proyek | : PT Bank BPD DIY |
| 3. Konsultan perencana | : PT Proporsi |
| 4. Kontraktor | : PT Muara Mitra Mandiri |
| 5. Konsultan pengawas | : CV Bangun Cipta Persada |
| 6. Konstruksi atas | : Plat dag beton bertulang |
| 7. Konstruksi bawah | : Fondasi <i>borepile</i> Ø 60 cm |

8. Durasi pelaksanaan : 9 Februari 2021 – 23 Juli 2021 (165 hari kalender)
9. Lokasi proyek : Jalan Nasional III, Klewonan, Triharjo, Wates, Kulon Progo, DI Yogyakarta



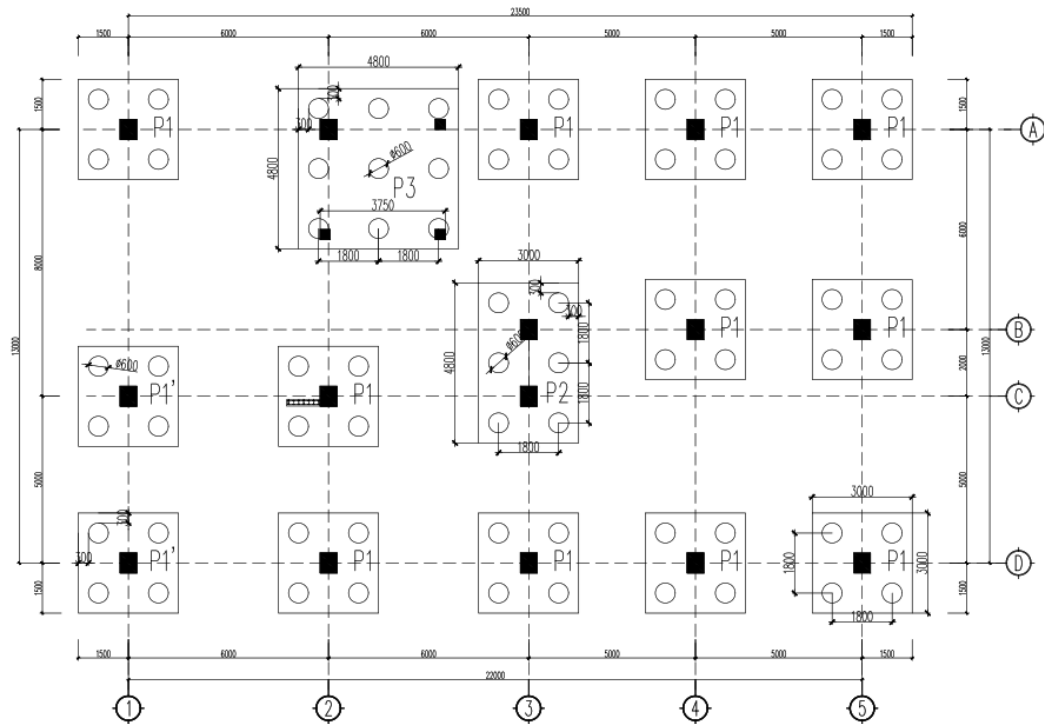
Gambar 5.1 Peta Lokasi Proyek
(Sumber : Google Maps)

5.1.2 Data Teknis

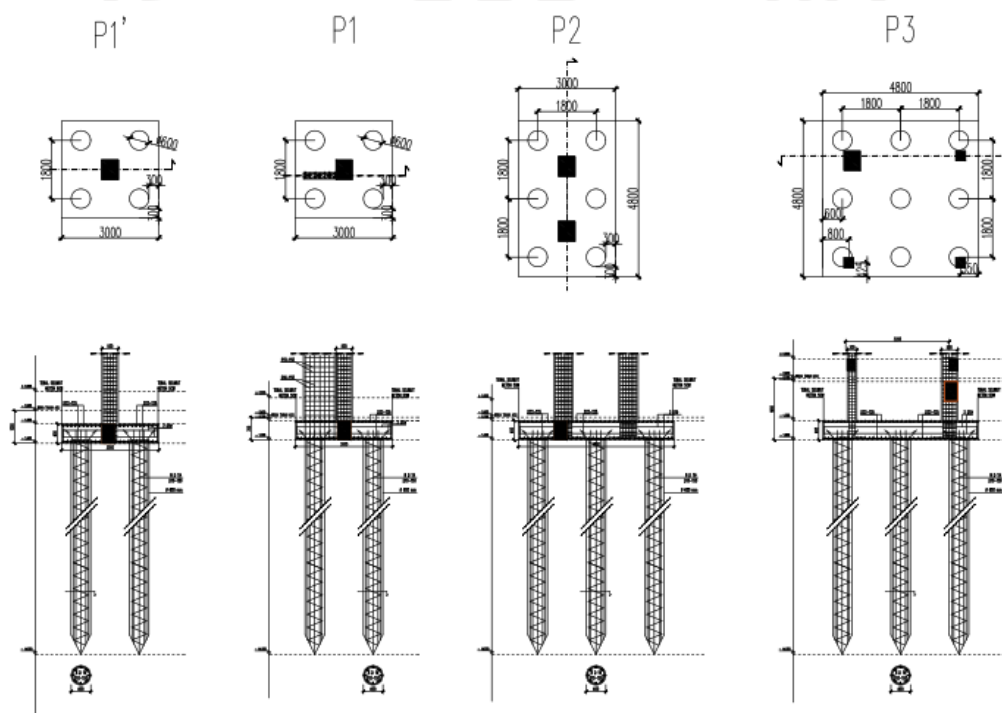
Data teknis diperoleh dari dokumen perencanaan Gedung DRC PT Bank BPD DIY milik PT Proporsi selaku konsultan perencana, dimana dokumen tersebut terdiri dari laporan desain struktur dan laporan penyelidikan tanah. Kemudian untuk gambar *Detail Engineering Design* (DED) diperoleh dari laporan magang Saputro (2021) dengan izin penggunaan dan pengolahan data dari PT Proporsi dan PT Muara Mitra Mandiri. Adapun data teknis yang diperoleh dan digunakan sebagai informasi awal dalam analisis *value engineering* pekerjaan fondasi adalah sebagai berikut.

1. Gambar DED

Gambar DED struktur dan *siteplan* digunakan untuk mengetahui bagaimana desain struktur fondasi dan bangunan *existing* serta digunakan untuk melakukan perhitungan volume pekerjaan dan RAB. Selain itu, untuk mengetahui bagaimana kondisi lingkungan disekitar lokasi pekerjaan.



Gambar 5.2 Denah Fondasi dan *Pile Cap*
(Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi)



Gambar 5.3 Detail Fondasi dan *Pilecap*
(Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi)

Berdasarkan Gambar 5.2, Gambar 5.3, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 didapatkan data sebagai berikut.

- a. Dimensi fondasi *borepile existing* yang digunakan berukuran $\varnothing$ 60 cm.
- b. Kedalaman *borepile* yang direncanakan adalah -14.00 m dari elevasi rencana bangunan atau -13.40 m dari elevasi tanah asli.
- c. Tulangan yang digunakan
 Tulangan utama 8D19
 Sengkang D10-150
- d. Konfigurasi *pilecap*
 Adapun data konfigurasi fondasi *borepile* dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Konfigurasi Pile

Kode	Konfigurasi	Dimensi (m)
P1'	2 x 2	3.0 x 3.0
P1	2 x 2	3.0 x 3.0
P2	2 x 3	3.0 x 4.8
P3	3 x 3	4.8 x 4.8

Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi

- e. Bangunan terdiri dari 4 lantai.
 - f. Jarak terdekat antara gedung utama dan pemukiman warga adalah 4.00 m
2. Spesifikasi material
- Data spesifikasi material untuk pekerjaan *borepile* yang didapatkan dari dokumen perencanaan milik PT Proporsi dengan rincian sebagai berikut.
- a. Mutu beton $F_c = 25$ Mpa
 - b. Mutu Baja $F_y = 390$ Mpa
3. Data beban kolom pada *pilecap*.
- Data beban kolom yang digunakan untuk perencanaan desain fondasi alternatif hasil analisis *value engineering* mengacu pada beban kolom yang digunakan oleh konsultan perencana yaitu PT Proporsi pada saat perencanaan desain fondasi *existing*. Hal tersebut dikarenakan agar beban kolom untuk desain fondasi hasil analisis *value engineering* sama dengan yang digunakan pada saat perencanaan.

4. Data penyelidikan tanah (*soil investigation*)

Berdasarkan laporan penyelidikan tanah pada perencanaan Gedung DRC PT Bank BPD DIY didapatkan data sebagai berikut.

- a. Pengeboran dilakukan sebanyak 3 titik dengan 2 titik sondir dengan kapasitas 2.50 ton dan 1 titik bor dengan menggunakan bor tangan.
- b. Daya dukung tanah berdasarkan pengujian sondir

Adapun rekapitulasi hasil pengujian sondir titik 1 dan titik 2 dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sondir

Depth (m)	qc Titik 1 Kg/cm²	qa Kuat Ijin Kg/cm²	qc Titik 2 Kg/cm²	qa Kuat Ijin Kg/cm²
0.00 - 0.40	4.0	0.1	5.0	0.2
0.40 - 0.80	8.0	0.3	9.0	0.3
0.80 - 1.20	7.0	0.2	5.0	0.2
1.20 - 1.60	12.0	0.4	14.0	0.5
1.60 - 2.00	11.0	0.4	10.0	0.3
2.00 - 2.40	10.0	0.3	9.0	0.3
2.40 - 2.80	11.0	0.4	16.0	0.5
2.80 - 3.20	10.0	0.3	7.0	0.2
3.20 - 3.60	12.0	0.4	15.0	0.5
3.60 - 4.00	8.0	0.3	11.0	0.4
4.00 - 4.40	9.0	0.3	7.0	0.2
4.40 - 4.80	15.0	0.5	13.0	0.4
4.80 - 5.20	10.0	0.3	9.0	0.3
5.20 - 5.60	10.0	0.3	9.0	0.3
5.60 - 6.00	8.0	0.3	10.0	0.3
6.00 - 6.40	7.0	0.2	8.0	0.3
6.40 - 6.80	12.0	0.4	13.0	0.4
6.80 - 7.20	15.0	0.5	14.0	0.5
7.20 - 7.60	7.0	0.2	8.0	0.3
7.60 - 8.00	8.0	0.3	9.0	0.3
8.00 - 8.40	5.0	0.2	5.0	0.2
8.40 - 8.80	5.0	0.2	8.0	0.3
8.80 - 9.20	12.0	0.4	16.0	0.5
9.20 - 9.60	41.0	1.4	34.0	1.1

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sondir

Depth (m)	qc Titik 1 Kg/cm ²	qa Kuat Ijin Kg/cm ²	qc Titik 2 Kg/cm ²	qa Kuat Ijin Kg/cm ²
9.60 - 10.00	32.0	1.1	30.0	1.0
10.00 - 10.40	40.0	1.3	34.0	1.1
10.40 - 10.80	40.0	1.3	38.0	1.3
10.80 - 11.20	32.0	1.1	20.0	0.7
11.20 - 11.60	30.0	1.0	21.0	0.7
11.60 - 12.00	11.0	0.4	12.0	0.4
12.00 - 12.40	12.0	0.4	10.0	0.3
12.40 - 12.80	11.0	0.4	11.0	0.4
12.80 - 13.20	17.0	0.6	15.0	0.5
13.20 - 13.60	20.0	0.7	23.0	0.8
13.60 - 14.00	29.0	1.0	34.0	1.1
14.00 - 14.40	28.0	0.9	35.0	1.2
14.40 - 14.80	31.0	1.0	32.0	1.1
14.80 - 15.20	28.0	0.9	28.0	0.9
15.20 - 15.60	25.0	0.8	32.0	1.1
15.60 - 16.00	26.0	0.8	31.0	1.0
16.00 - 16.40	30.0	1.0	30.0	1.0
16.40 - 16.80	32.0	1.1	28.0	0.9
16.80 - 17.20	30.0	1.0	31.0	1.0

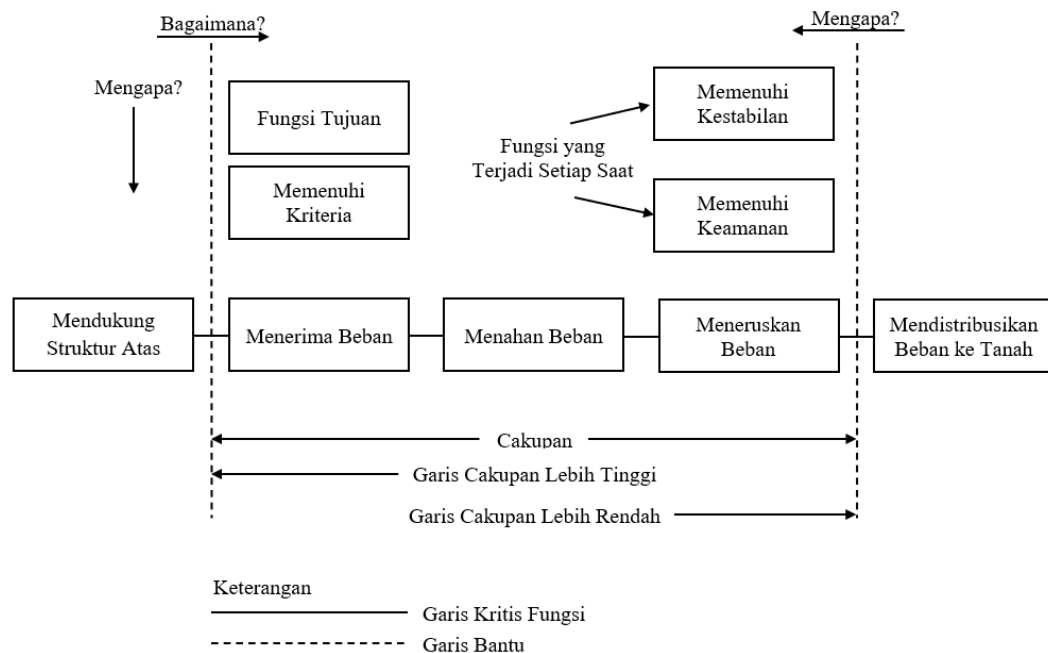
Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi

- c. *Ground water level* berada pada kedalaman -4.00 m.
- d. Secara visual jenis tanah pada kedalaman 0.00 – 4.00 m adalah tanah lempung berwarna coklat.
- e. Kesimpulan dari laporan hasil penyelidikan tanah.
 - 1) Tanah keras sampai pada kedalaman -17.00 m belum ditemukan.
 - 2) Dapat digunakan alternatif desain fondasi *borepile* atau *pile* pancang.

5.1.3 Analisis Fungsi

Analisis fungsi dilakukan dengan tujuan untuk mengklasifikasikan fungsi-fungsi yang ada pada pekerjaan fondasi, sehingga dapat diketahui fungsi primer, sekunder dan tersier dari pekerjaan tersebut. Analisis fungsi perlu dilakukan agar alternatif desain fondasi yang akan diusulkan tetap memenuhi fungsi utama atau

fungsi primer dari desain fondasi awal. Adapun hasil identifikasi fungsi dengan menggunakan diagram FAST pada pekerjaan fondasi *existing* dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Diagram FAST Pekerjaan Fondasi

Berdasarkan hasil analisis fungsi dengan menggunakan metode diagram FAST didapatkan hasil bahwa fondasi memiliki fungsi utama atau fungsi primer yaitu mampu menerima, menahan dan meneruskan beban bangunan sehingga dapat mendukung struktur yang ada di atasnya dengan mendistribusikan beban bangunan ke lapisan tanah yang ada di bawahnya. Fungsi inilah yang harus dipenuhi oleh alternatif desain fondasi yang akan direkomendasikan pada tahap selanjutnya yaitu pada tahap kreatif.

5.2 Tahap Kreatif

Pada tahap kreatif akan muncul ide-ide alternatif desain fondasi dengan harapan terdapat sebuah alternatif desain fondasi yang dapat direkomendasikan untuk digunakan pada proyek pembangunan Gedung DRC BPD DIY sehingga didapatkan desain yang efisien dan fungsi utama dari fondasi tetap terpenuhi. Teknik atau metode yang digunakan untuk memunculkan ide alternatif fondasi

adalah teknik *brainstorming*, yaitu dengan memunculkan ide sebanyak-banyaknya namun ide-ide tersebut tidak boleh dievaluasi terlebih dahulu. Berdasarkan penerapan teknik *brainstorming* yang dilakukan, muncul beberapa alternatif desain fondasi, antara lain dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Daftar Alternatif Fondasi

Kode	Jenis Fondasi	Material	Bentuk
I	<i>Bore pile (Existing)</i>	Beton bertulang	Silinder pejal
II	<i>Spun pile</i>	Beton bertulang	Silinder berongga
III	<i>Spun pile</i>	Beton bertulang	Silinder pejal
IV	<i>Spun pile</i>	Baja	Silinder berongga
V	<i>Spun pile</i>	Beton bertulang	Persegi pejal
VI	<i>Cyclop</i>	Beton	Silinder

Adapun hasil pemunculan ide alternatif tipe fondasi di atas berdasarkan pada hasil studi literatur terhadap penelitian-penelitian yang pernah dilakukan dengan kondisi tanah dan bangunan yang mirip dengan kondisi *existing* dan kemudian pada tahap analisis, responden pada penelitian ini akan memberikan saran terkait alternatif yang dapat dijadikan pertimbangan untuk digunakan pada penerapan *value engineering* selanjutnya dan akan menjadi parameter apakah alternatif yang sudah dimunculkan pada penelitian ini sudah tepat atau cukup. Penilaian tersebut akan diuraikan lebih lanjut pada pembahasan.

5.3 Tahap Analisis

Adapun alternatif fondasi yang muncul pada tahap sebelumnya yaitu pada tahap kreatif akan dianalisis lebih lanjut pada tahap ini, sehingga dapat ditentukan alternatif fondasi yang dapat direkomendasikan beserta desain struktur dan rencana anggaran biaya dari alternatif fondasi tersebut. Adapun tahapan pada tahap analisis ini adalah sebagai berikut.

5.3.1 Analisis Keuntungan dan Kerugian

Tahap analisis yang pertama dalam memilih alternatif fondasi adalah dengan menggunakan penilaian berdasarkan keuntungan dan kerugian dari

alternatif fondasi yang ditinjau berdasarkan masing-masing kriteria. Adapun kriteria yang digunakan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Jaya (2019) dan Asmarani (2019). Adapun kriteria tersebut beserta kodefikasinya adalah sebagai berikut.

1. Biaya awal (A)
2. Daya dukung (B)
3. Waktu pelaksanaan (C)
4. Kemungkinan dilaksanakan (D)
5. Tingkat kesulitan (E)
6. Sarana kerja (F)

Penilaian keuntungan dan kerugian dilakukan oleh empat orang responden dari kalangan akademisi dan praktisi dengan kriteria memiliki SKA Ahli Teknik Bangunan Gedung Madya atau memiliki pengalaman minimal 5 tahun dibidangnya. Adapun hasil penilaian yang dilakukan oleh responden dapat dilihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10, berikut.

Tabel 5.4 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Biaya Awal (A)

Alternatif Fondasi	R 1	R 2	R 3	R 4	Rata-rata
Jenis : Bored Pile Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	3	3	3	-1	2,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	-2	2	2	2	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-1	3	-1	2	0,750
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga	-2	2	-2	1	-0,250
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	-1	2	1	3	1,250
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-4	1	4	4	1,250

Tabel 5.5 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Daya Dukung (B)

Alternatif Fondasi	R 1	R 2	R 3	R 4	Rata-rata
Jenis : Bored Pile Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	4	4	-1	4	2,750
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	2	2	1	-1	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	3	3	-1	-1	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga	1	2	2	-1	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	3	2	2	-1	1,500
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-4	2	-3	-4	-2,250

Tabel 5.6 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Waktu Pelaksanaan (C)

Alternatif Fondasi	R 1	R 2	R 3	R 4	Rata-rata
Jenis : Bored Pile Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-1	1	2	-3	-0,250
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	2	2	3	2	2,250
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	2	3	3	2	2,500
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga	2	3	4	2	2,750
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	2	2	2	2	2,000
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-3	1	-2	-4	-2,000

Tabel 5.7 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Kemungkinan Dilaksanakan (D)

Alternatif Fondasi	R 1	R 2	R 3	R 4	Rata-rata
Jenis : Bored Pile Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	4	2	2	4	3,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	1	3	-1	2	1,250
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	2	4	3	2	2,750
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga	1	4	1	2	2,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	2	3	2	2	2,250
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-3	1	-2	-4	-2,000

Tabel 5.8 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Tingkat Kesulitan (E)

Alternatif Fondasi	R 1	R 2	R 3	R 4	Rata-rata
Jenis : Bored Pile Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	1	2	-1	-1	0,250
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	2	2	1	2	1,750
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	2	4	2	2	2,500
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga	2	4	1	2	2,250
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	2	2	3	2	2,250
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-4	-1	-1	-4	-2,500

Tabel 5.9 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Sarana Kerja (F)

Alternatif Fondasi	R 1	R 2	R 3	R 4	Rata-rata
Jenis : Bored Pile Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	1	2	-3	4	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	2	2	-1	-1	0,500
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	2	4	3	-1	2,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Baja Bentuk : Silinder berongga	2	4	1	-3	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	2	2	3	-1	1,500
Jenis : <i>Cyclop</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	-4	1	2	1	0,000

keterangan :

R (1 - 4) : Responden satu (1) sampai empat (4)

Rata-rata : Hasil penjumlahan dari nilai yang didapatkan oleh setiap alternatif dan dibagi dengan jumlah responden atau data

Berdasarkan penilaian yang telah diberikan responden kemudian diambil nilai rata-rata dari setiap alternatif desain fondasi. Adapun rekapitulasi data dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan Kerugian

Alternatif Fondasi	Kriteria					
	A	B	C	D	E	F
Jenis : Bored Pile Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	2,000	2,750	-0,250	3,000	0,250	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga	1,000	1,000	2,250	1,250	1,750	0,500

Lanjutan Tabel 5.10 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan Kerugian

Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	0,750	1,000	2,500	2,750	2,500	2,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Baja Bentuk : Silinder berongga	-0,250	1,000	2,750	2,000	2,250	1,000
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal	1,250	1,500	2,000	2,250	2,250	1,500
Jenis : <i>Cyclop</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	1,250	-2,250	-2,000	-2,000	-2,500	0,000

Adapun hasil dari analisis alternatif desain fondasi berdasarkan keuntungan dan kerugian didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.11. Berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara pada saat melakukan survey, mayoritas responden tidak menyarankan menggunakan fondasi jenis *cyclop* serta alternatif desain fondasi *cyclop* memiliki nilai terkecil sehingga alternatif desain fondasi jenis *cyclop* dieliminasi.

5.3.2 Analisis Penilaian Kriteria

Analisis penilaian kriteria digunakan untuk memberikan penilaian terhadap masing-masing kriteria pemilihan alternatif. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bobot dari masing-masing kriteria, sehingga nantinya setiap kriteria memiliki prioritas yang berbeda-beda tergantung pada hasil perangkingan. Metode yang digunakan dalam melakukan pembobotan adalah dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dimana penilaian dilakukan oleh empat responden yang memiliki latar belakang praktisi atau akademisi yang berkompeten berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan dengan menggunakan teknik kuesioner.

5.3.2.1 Penentuan Bobot Kriteria

Kriteria-kriteria yang akan digunakan untuk menentukan alternatif desain fondasi mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Jaya (2019) pada

Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksa Inspektor Daerah Sleman. Adapun kriteria beserta kodefikasi yang digunakan antara lain:

1. Biaya awal. (A)
2. Daya dukung. (B)
3. Waktu pelaksanaan. (C)
4. Kemungkinan dilaksanakan. (D)
5. Tingkat kesulitan. (E)
6. Sarana kerja. (F)

Dari kriteria-kriteria tersebut akan di cari masing-masing bobotnya dengan menggunakan penilaian perbandingan berpasangan dan akan diuji konsistensinya. Berdasarkan metode AHP adapun syarat suatu penilaian masuk ke dalam kategori konsisten adalah memiliki nilai *Consistency Ratio (CR)* kurang dari 10%. Adapun hasil kuesioner penilaian kriteria dari responden dan hasil perhitungan nilai (CR) adalah sebagai berikut.

1. Responden 1

Perhitungan bobot kriteria pemilihan alternatif desain fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15, Tabel 5.16, berikut.

Tabel 5.11 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 1

	A	B	C	D	E	F
A	1	1/9	1/3	1/7	1/5	1/7
B	9	1	9	2	8	9
C	3	1/9	1	1	1	1
D	7	1/2	1	1	1	3
E	5	1/8	1	1	1	1
F	7	1/9	1	1/3	1	1

Setelah didapatkan bobot dari masing-masing kriteria pemilihan alternatif desain fondasi maka langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengecek konsistensi dari penilaian yang dilakukan oleh responden. Berikut merupakan perhitungan untuk mengetahui nilai *consistency index*.

Tabel 5.15 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 1

	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	0,027	0,057	0,031	0,024	0,021	0,013	0,174
B	0,247	0,514	0,834	0,337	0,834	0,839	3,606
C	0,082	0,057	0,093	0,169	0,104	0,093	0,598
D	0,192	0,257	0,093	0,169	0,104	0,280	1,095
E	0,137	0,064	0,093	0,169	0,104	0,093	0,660
F	0,192	0,057	0,093	0,056	0,104	0,093	0,596

Tabel 5.16 Matrik Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 1

Kriteria	Bobot Vektor	Bobot Kriteria	Vektor Konsistensi
Biaya Awal (A)	0,174	0,027	6,321
Daya Dukung (B)	3,606	0,514	7,019
Waktu (C)	0,598	0,093	6,456
Kemungkinan Dilaksanakan (D)	1,095	0,169	6,491
Tingkat Kesulitan (E)	0,660	0,104	6,333
Sarana Kerja (F)	0,596	0,093	6,392
Jumlah Vektor Konsistensi			39,11

- a. Mencari nilai *Maximum Eigen Value*

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{maks}} &= \frac{\text{Jumlah vektor konsistensi}}{n} \\
 &= \frac{39,11}{6} \\
 &= 6,502
 \end{aligned}$$

b. Mencari nilai *Consistency Index* (CI)

$$\begin{aligned}
 CI &= \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{6,502 - 6}{6 - 1} \\
 &= 0.100
 \end{aligned}$$

c. Mencari nilai *Consistency Ratio* (CR)

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0.100}{1.24} \\
 &= 8 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 8 % , sehingga nilai tersebut memenuhi syarat konsistensi yaitu sebesar 10%, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penilain responden adalah konsisten dan dapat digunakan.

2. Responden 2

Perhitungan bobot kriteria pemilihan alternatif desain fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.17, Tabel 5.18, Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.21, Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.17 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 2

	A	B	C	D	E	F
A	1	1/3	1	1/3	1	1
B	3	1	5	1	5	5
C	1	1/5	1	1/3	1	1
D	3	1	3	1	5	½
E	1	1/5	1	1/5	1	1/3
F	1	1/5	1	2	3	1

Tabel 5.18 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 2

	A	B	C	D	E	F
A	1,000	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000
B	3,000	1,000	5,000	1,000	5,000	5,000
C	1,000	0,200	1,000	0,333	1,000	1,000
D	3,000	1,000	3,000	1,000	5,000	0,500
E	1,000	0,200	1,000	0,200	1,000	0,333
F	1,000	0,200	1,000	2,000	3,000	1,000
Jumlah	10,000	2,933	12,000	4,867	16,000	8,833

Tabel 5.19 Matrik Normalisasi Responden 2

	A	B	C	D	E	F
A	0,100	0,114	0,083	0,068	0,063	0,113
B	0,300	0,341	0,417	0,205	0,313	0,566
C	0,100	0,068	0,083	0,068	0,063	0,113
D	0,300	0,341	0,250	0,205	0,313	0,057
E	0,100	0,068	0,083	0,041	0,063	0,038
F	0,100	0,068	0,083	0,411	0,188	0,113
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 5.20 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 2

[illegible]

Tabel 5.21 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 2

	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	0,090	0,119	0,083	0,081	0,065	0,161	0,599
B	0,271	0,357	0,413	0,244	0,327	0,803	2,415
C	0,090	0,071	0,083	0,081	0,065	0,161	0,552
D	0,271	0,357	0,248	0,244	0,327	0,080	1,527
E	0,090	0,071	0,083	0,049	0,065	0,054	0,412
F	0,090	0,071	0,083	0,488	0,196	0,161	1,090

Tabel 5.22 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 2

Kriteria	Bobot Vektor	Bobot Kriteria	Vektor Konsistensi
Biaya Awal (A)	0,599	0,090	6,644
Daya Dukung (B)	2,415	0,357	6,766
Waktu (C)	0,552	0,083	6,677
Kemungkinan Dilaksanakan (D)	1,527	0,244	6,253
Tingkat Kesulitan (E)	0,412	0,065	6,293
Sarana Kerja (F)	1,090	0,161	6,788
Jumlah Vektor Konsistensi			39,420

- a. Mencari nilai *Maximum Eigen Value*

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{maks}} &= \frac{\text{Jumlah vektor konsistensi}}{n} \\
 &= \frac{39,420}{6} \\
 &= 6,570
 \end{aligned}$$

- b. *Consistency Index (CI)*

$$\begin{aligned}
 \text{CI} &= \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{6,570 - 6}{3 - 1} \\
 &= 0,114
 \end{aligned}$$

c. *Consistency Ratio (CR)*

$$\begin{aligned} CR &= \frac{CI}{RI} \\ &= \frac{0.114}{1.24} \\ &= 9\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 9 %, sehingga nilai tersebut memenuhi syarat konsistensi yaitu sebesar 10 %, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penilain responden adalah konsisten dan dapat digunakan.

3. Responden 3

Perhitungan bobot kriteria pemilihan alternatif desain fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.23, Tabel 5.24, Tabel 5.25, Tabel 5.26, Tabel 5.27, dan Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.23 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 3

	A	B	C	D	E	F
A	1	1/9	1	1/3	1/5	3
B	9	1	5	9	7	9
C	1	1/5	1	1/2	9	3
D	3	1/9	2	1	1/3	1/3
E	5	1/7	1/9	3	1	3
F	1/3	1/9	1/3	3	1/3	1

Tabel 5.24 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 3

	A	B	C	D	E	F
A	1,000	0,111	1,000	3,000	0,333	3,000
B	9,000	1,000	5,000	9,000	7,000	9,000
C	1,000	0,200	1,000	5,000	2,000	3,000
D	0,333	0,111	0,200	1,000	0,333	0,333
E	3,000	0,143	0,500	3,000	1,000	3,000
F	0,333	0,111	0,333	3,000	0,333	1,000
Jumlah	14,667	1,676	8,033	24,000	11,000	19,333

Tabel 5.25 Matrik Normalisasi Responden 3

	A	B	C	D	E	F
A	0,068	0,066	0,124	0,125	0,030	0,155
B	0,614	0,597	0,622	0,375	0,636	0,466
C	0,068	0,119	0,124	0,208	0,182	0,155
D	0,023	0,066	0,025	0,042	0,030	0,017
E	0,205	0,085	0,062	0,125	0,091	0,155
F	0,023	0,066	0,041	0,125	0,030	0,052
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 5.26 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 3

	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	0,068	0,066	0,124	0,125	0,030	0,155	0,095
B	0,614	0,597	0,622	0,375	0,636	0,466	0,552
C	0,068	0,119	0,124	0,208	0,182	0,155	0,143
D	0,023	0,066	0,025	0,042	0,030	0,017	0,034
E	0,205	0,085	0,062	0,125	0,091	0,155	0,121
F	0,023	0,066	0,041	0,125	0,030	0,052	0,056
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 5.27 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 3

	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	0,095	0,061	0,143	0,102	0,040	0,169	0,610
B	0,854	0,552	0,714	0,305	0,844	0,506	3,775
C	0,095	0,110	0,143	0,169	0,241	0,169	0,927
D	0,032	0,061	0,029	0,034	0,040	0,019	0,214
E	0,285	0,079	0,071	0,102	0,121	0,169	0,826
F	0,032	0,061	0,048	0,102	0,040	0,056	0,339

Tabel 5.28 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 3

Kriteria	Bobot Vektor	Bobot Kriteria	Vektor Konsistensi
Biaya Awal (A)	0,610	0,095	6,423
Daya Dukung (B)	3,775	0,552	6,843
Waktu (C)	0,927	0,143	6,489
Kemungkinan Dilaksanakan (D)	0,214	0,034	6,329
Tingkat Kesulitan (E)	0,826	0,121	6,852
Sarana Kerja (F)	0,339	0,056	6,018
Jumlah Vektor Konsistensi			38,955

a. *Maximum Eigen Value*

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{maks}} &= \frac{\text{Jumlah vektor konsistensi}}{n} \\
 &= \frac{38,955}{6} \\
 &= 6,493
 \end{aligned}$$

b. *Consistency Index (CI)*

$$\begin{aligned}
 CI &= \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{6,493 - 6}{6 - 1} \\
 &= 0,099
 \end{aligned}$$

c. *Consistency Ratio (CR)*

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0,099}{1,24} \\
 &= 8 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 8 %, sehingga nilai tersebut memenuhi syarat konsistensi yaitu sebesar 10 %, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penilai responden adalah konsisten dan dapat digunakan.

4. Responden 4

Perhitungan bobot kriteria pemilihan alternatif desain fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.29, Tabel 5.30, Tabel 5.31, Tabel 5.32, Tabel 5.33, dan Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.29 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 4

	A	B	C	D	E	F
A	1	1/3	3	1/4	1/2	4
B	3	1	6	5	3	9
C	1/3	1/6	1	1/2	1/4	3
D	4	1/5	2	1	1/3	4
E	2	1/3	4	3	1	7
F	1/4	1/9	1/3	1/4	1/7	1

Tabel 5.30 Matrik Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 4

	A	B	C	D	E	F
A	1,000	0,333	3,000	0,250	0,500	4,000
B	3,000	1,000	6,000	5,000	3,000	9,000
C	0,333	0,167	1,000	0,500	0,250	3,000
D	4,000	0,200	2,000	1,000	0,333	4,000
E	2,000	0,333	4,000	3,000	1,000	7,000
F	0,250	0,111	0,333	0,250	0,143	1,000
Jumlah	10,583	2,144	16,333	10,000	5,226	28,000

Tabel 5.31 Matrik Normalisasi Responden 4

	A	B	C	D	E	F
A	0,094	0,155	0,184	0,025	0,096	0,143
B	0,283	0,466	0,367	0,500	0,574	0,321
C	0,031	0,078	0,061	0,050	0,048	0,107
D	0,378	0,093	0,122	0,100	0,064	0,143
E	0,189	0,155	0,245	0,300	0,191	0,250
F	0,024	0,052	0,020	0,025	0,027	0,036
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 5.32 Matrik Perhitungan Bobot Kriteria Responden 4

	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	0,094	0,155	0,184	0,025	0,096	0,143	0,116
B	0,283	0,466	0,367	0,500	0,574	0,321	0,419
C	0,031	0,078	0,061	0,050	0,048	0,107	0,063
D	0,378	0,093	0,122	0,100	0,064	0,143	0,150
E	0,189	0,155	0,245	0,300	0,191	0,250	0,222
F	0,024	0,052	0,020	0,025	0,027	0,036	0,031
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 5.33 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 4

	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	0,116	0,140	0,188	0,038	0,111	0,123	0,714
B	0,349	0,419	0,375	0,750	0,665	0,276	2,834
C	0,039	0,070	0,063	0,075	0,055	0,092	0,394
D	0,465	0,084	0,125	0,150	0,074	0,123	1,020
E	0,232	0,140	0,250	0,450	0,222	0,215	1,509
F	0,029	0,047	0,021	0,038	0,032	0,031	0,196

Tabel 5.34 Matrik Perhitungan Bobot Vektor Responden 4

Kriteria	Bobot Vektor	Bobot Kriteria	Vektor Konsistensi
Biaya Awal (A)	0,714	0,116	6,149
Daya Dukung (B)	2,834	0,419	6,768
Waktu (C)	0,394	0,063	6,289
Kemungkinan Dilaksanakan (D)	1,020	0,150	6,799
Tingkat Kesulitan (E)	1,509	0,222	6,803
Sarana Kerja (F)	0,196	0,031	6,404
Jumlah Vektor Konsistensi			39,212

a. *Maximum Eigen Value*

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{maks}} &= \frac{\text{Jumlah vektor konsistensi}}{n} \\
 &= \frac{39,212}{6} \\
 &= 6,535
 \end{aligned}$$

b. *Consistency Index (CI)*

$$\begin{aligned}
 CI &= \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{6,535 - 6}{6 - 1} \\
 &= 0,107
 \end{aligned}$$

c. *Consistency Ratio (CR)*

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0,107}{1,24} \\
 &= 9 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 9 %, sehingga nilai tersebut memenuhi syarat konsistensi yaitu

sebesar 10%, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penilain responden adalah konsisten dan dapat digunakan.

Untuk mencari bobot kriteria pemilihan alternatif desain fondasi maka hasil dari perhitungan bobot dari setiap reponden dicari nilai rata-ratanya. Adapun rekapitulasi perhitungan bobot kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Bobot Kriteria

Kriteria	R1	R2	R3	R4	Rata-rata
Biaya Awal (A)	0,027	0,090	0,095	0,116	0,082
Daya Dukung (B)	0,514	0,357	0,552	0,419	0,460
Waktu (C)	0,093	0,083	0,143	0,063	0,095
Kemungkinan Dilaksanakan (D)	0,169	0,244	0,034	0,150	0,149
Tingkat Kesulitan (E)	0,104	0,065	0,121	0,222	0,128
Sarana Kerja (F)	0,093	0,161	0,056	0,031	0,085

Berdasarkan Tabel 5.35 dapat ditarik kesimpulan bahwa urutan kriteria tingkat kepentingan dalam pemilihan jenis fondasi jika diurutkan dari yang paling penting adalah sebagai berikut.

1. Daya dukung
2. Kemungkinan dilaksanakan
3. Tingkat kesulitan
4. Waktu
5. Sarana kerja
6. Biaya awal

5.3.2.2 Analisis Pembobotan Menyeluruh

Untuk menentukan alternatif fondasi yang akan direkomendasikan maka dilakukan perangkingan untuk menentukan alternatif jenis fondasi apa yang akan diajukan. Perangkingan dilakukan dengan melakukan sintesis antara nilai keuntungan kerugian alternatif pada analisis keuntungan kerugian dengan bobot dari masing-masing kriteria sehingga akan didapatkan bobot alternatif secara menyeluruh. Adapun matrik perhitungan untuk menentukan ranking dari alternatif jenis fondasi dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Pembobotan Menyeluruh dan Perangkingan Alternatif Fondasi

Alternatif	Kriteria						Bobot	Ranking
	A	B	C	D	E	F		
	0,082	0,460	0,095	0,149	0,128	0,085		
I	2,000	2,750	-0,250	3,000	0,250	1,000	1,971	1
II	1,000	1,000	2,250	1,250	1,750	0,500	1,210	5
III	0,750	1,000	2,500	2,750	2,500	2,000	1,661	3
IV	-0,250	1,000	2,750	2,000	2,250	1,000	1,373	4
V	1,250	1,500	2,000	2,250	2,250	1,500	1,735	2

Keterangan

- Alternatif I = Jenis : Bored Pile
 Matrial : Beton bertulang
 Bentuk : Silinder Pejal
- Alternatif II = Jenis : *Spun Pile*
 Matrial : Beton bertulang
 Bentuk : Silinder berongga
- Alternatif III = Jenis : *Spun Pile*
 Matrial : Beton bertulang
 Bentuk : Silinder Pejal
- Alternatif IV = Jenis : *Spun Pile*
 Matrial : Baja
 Bentuk : Silinder berongga

Alternatif V	=	Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal
Kriteria A	=	Biaya Awal (A)
Kriteria B	=	Daya Dukung (B)
Kriteria C	=	Waktu (C)
Kriteria D	=	Kemungkinan Dilaksanakan (D)
Kriteria E	=	Tingkat Kesulitan (E)
Kriteria F	=	Sarana Kerja (F)

Berdasarkan Tabel 5.36 didapatkan hasil bahwa alternatif I yaitu fondasi jenis *bore pile* dengan material beton bertulang dan berbentuk silinder pejal memiliki bobot terbesar atau dengan kata lain berada pada ranking pertama, diikuti dengan ranking kedua alternatif V yaitu jenis fondasi *spunpile* dengan material beton bertulang dengan bentuk persegi pejal. Berdasarkan hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa alternatif desain I menjadi alternatif desain yang akan direkomendasikan. Tipe fondasi yang direkomendasikan berdasarkan analisis *value engineering* sama dengan tipe fondasi yang digunakan pada desain *existing*, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tipe fondasi yang dipilih oleh konsultan perencanaan sudah tepat. Karena tipe fondasi yang direkomendasikan sudah sama, maka langkah selanjutnya pada penelitian ini akan dilakukan variasi pada diameter dan konfigurasi *pile* yang digunakan sehingga dapat diketahui diameter dan konfigurasi *pile* yang tepat atau efisien untuk digunakan pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY. Maka dari itu tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan desain fondasi dan melakukan perhitungan biaya.

5.3.3 Desain Fondasi

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan di atas maka tahap selanjutnya adalah tahap desain struktur fondasi. Pada tahap ini akan dilakukan variasi diameter dan konfigurasi *pile*, dimana variasi dimensi yang digunakan

adalah satu ukuran di atas dan satu ukuran di bawah diameter fondasi *existing* berdasarkan ukuran mata bor yang tersedia di pasaran yaitu diameter 50 cm dan 70 cm. Pemilihan dua ukuran tersebut sebagai *trial* untuk mengetahui pengaruh terhadap pembesaran dan pengecilan diameter *pile* yang digunakan. Untuk perhitungan desain struktur fondasi menggunakan Metode Meyerhoff. Kemudian dari hasil desain struktur fondasi dapat dilakukan perhitungan volume pekerjaan dan dapat diketahui biaya pekerjaan yang diperlukan. Berikut merupakan desain struktur fondasi yang meliputi desain struktur *pile* dan struktur *pile cap*.

1. Data beban

Data beban kolom yang digunakan untuk desain fondasi sama dengan yang ada pada Laporan Desain Struktur Gedung DRC Bank BPD DIY yang merupakan dokumen perencanaan PT Proporsi selaku konsultan perencanaan. Tujuan dari penggunaan beban kolom yang sama adalah agar memiliki parameter desain yang sama. Adapun data beban kolom dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Data Beban Aksial Kolom

Kolom	P (kN)
1	917
2	1052
3	1052
4	1033
5	880
6	1444
7	1320
8	1135
9	1251
10	833
11	1149
12	405
13	643
14	830
15	999
16	919
17	326
18	744
19	1093

Sumber : Dokumen perencanaan PT Proporsi

2. Data karakteristik tanah

CV Sandy Soilindo merupakan perusahaan mitra PT Proporsi untuk melakukan penyelidikan tanah pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY. Proses penyelidikan tanah atau *soil investigation* dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu *Cone Penetration Test* (CPT) berjumlah 2 titik dengan kapasitas 2,50 ton dan *Standart Penetration Test* (SPT) berjumlah 1 titik.

3. Perhitungan struktur *bore pile*

Seperti yang sudah diuraikan di atas jenis fondasi alternatif yang akan direkomendasikan sama dengan jenis fondasi yang digunakan pada bangunan existing. Oleh karena itu, variasi yang akan dilakukan adalah pada diameter fondasi, yaitu akan dilakukan trial desain dengan ukuran diameter fondasi 50 cm (BP-50) dan 70 cm (BP-70) dengan kedalaman yang sama. Variasi tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah dengan memperbesar dan memperkecil dimensi *pile* akan didapatkan penghematan biaya atau tidak.

Berikut ini merupakan contoh langkah perhitungan desain struktur fondasi *bore pile* untuk diameter 50 cm (BP-50) pada *Pile Group* 1 (P1) menggunakan metode Meyerhoff dengan data sondir.

a. Perhitungan kapasitas *pile* tunggal BP-50

Diketahui :

Kedalaman <i>pile</i>	h	= 14 m
Panjang <i>pile</i>	L_i	= 12,4 m
Diameter <i>pile</i>	D	= 0,50 m
Mutu beton	f'_c	= 25 Mpa
Jenis tanah		= Lempung
Daya dukung tanah	q_c	= 28 Kg/cm ² = 2746 kN/m ²
Jumlah hambatan lekat	JHL	= 1628 Kg/cm = 1594,07 kN/m

Safety Factor ujung SF = 3

Safety Factor friksi SF = 5

1) Kapasitas daya dukung ujung

a) Menghitung luas ujung *pile* (A_p)

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,5^2 \\ &= 0,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b) Menghitung daya dukung ujung (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \times q_c \\ &= 0,196 \times 2746,80 \\ &= 539,33 \text{ kN} \\ &= 53,93 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2) Kapasitas daya dukung selimut

a) Menghitung keliling *pile* (K)

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 0,5 \\ &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Menghitung daya dukung selimut (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= JHL \times K \\ &= 1597,07 \times 1,57 \\ &= 2508,67 \text{ kN} \\ &= 250,87 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3) Kapasitas dukung ijin *pile* tunggal

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_p}{SF} + \frac{Q_s}{SF} - W \\ &= \frac{Q_p}{SF} + \frac{Q_s}{SF} - (A_p \cdot L_i \cdot \gamma \text{ beton}) \\ &= \frac{53,93}{3} + \frac{250,87}{5} - (0,20 \times 12,4 \times 2,4) \\ &= 68,15 - 5,84 \\ &= 62,31 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4) Cek kapasitas dukung beton

$$f'c_{izin} = 0,33 \times f'c$$

$$= 0,33 \times 25$$

$$= 8,25 \text{ Mpa}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,5^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2 \approx 196000 \text{ mm}^2$$

$$Q_{c \text{ ijin}} = A_p \times f'c_{izin}$$

$$= 196000 \times 8,25$$

$$= 1619,88 \text{ kN}$$

$$= 161,99 \text{ Ton}$$

Nilai $Q_{c \text{ ijin}} = 161,99 \text{ Ton} > Q_{p \text{ ijin}} = 62,31 \text{ Ton}$ (Aman)

b. Perhitungan kapasitas kelompok *pile*1) Data beban *pile group*

Data beban pada masing masing *pile group* atau *pile cap* dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Data Beban *Pile Group*

Kolom	<i>Pile Group</i>	Beban Aksial (kN)	Beban Aksial (Ton)	Jumlah Beban Aksial (Ton)
7	P1, P1'	1320	132	132
6	P2	1444	144.4	259,3
11		1149	114.9	
12	P3	405	40.5	211,8
13		643	64.3	
17		326	32.6	
18		744	74.4	

Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi

2) Perhitungan kebutuhan *pile*

Berikut merupakan perhitungan kebutuhan *pile* pada *pile group* 1 (P1).

$$P = 132 \text{ Ton}$$

$$Q_{all} = 62,31 \text{ Ton}$$

$$n = \frac{P}{Q_{all}}$$

$$= \frac{132}{62,31}$$

$$= 2,12 \text{ pile}$$

$$n \text{ pakai} = 3 \text{ pile}$$

3) Perhitungan kapasitas dukung *pile*a) Perhitungan daya dukung kelompok tiang (*pile group*) Individual

Berikut merupakan perhitungan daya dukung individual pada *pile group* 1 (P1)

$$n = 3$$

$$Q_{all} = 62,31 \text{ Ton}$$

$$\Sigma Q_g = n \times Q_{ijin}$$

$$= 3 \times 62,31$$

$$= 186,92 \text{ Ton}$$

$$\text{Cek } \Sigma Q_g > P \text{ kolom } (186,92 \text{ Ton} > 132 \text{ Ton}) = \text{Aman}$$

b) Perhitungan daya dukung kelompok tiang (*pile group*) berdasarkan blok

Berikut merupakan perhitungan daya dukung berdasarkan blok pada *pile group* 1 (P1)

$$D = 0,5 \text{ m}$$

$$s = 3D$$

$$= 3 \times 0,5$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 L_g &= (n_1 - 1) \times s + 2 \times (D/2) \\
 &= (2 - 1) \times 1,5 + 2 \times (0,5/2) \\
 &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_g &= (n_1 - 1) \times s + 2 \times (D/2) \\
 &= (2 - 1) \times 1,5 + 2 \times (0,5/2) \\
 &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma Q_g &= L_g \times B_g \times q_c + 2 \times (L_g + B_g) \times JHL \\
 &= 2 \times 2 \times 2746 + 2 \times (2 + 2) \times 1597,07 \\
 &= 23763,74 \text{ kN} \\
 &= 2376,37 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Cek $\Sigma Q_g > P$ kolom ($2376,37 \text{ Ton} > 132 \text{ Ton}$) = Aman

Berdasarkan hasil perhitungan maka ditentukan untuk perhitungan daya dukung *pile group* maka diambil nilai yang terkecil yaitu sebesar 186,92 Ton.

c. Perhitungan kebutuhan tulangan *bore pile*

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada *bore pile* diameter 50 cm dengan diketahui data sebagai berikut.

Beban axial kolom	$P_u = 1444 \text{ kN}$
Momen ultimit	$M_u = 120 \text{ kNm}$
Mutu beton	$F'_c = 26.4 \text{ Mpa}$
Mutu tulangan	$F_y = 390 \text{ Mpa}$
Gaya geser	$V_u = 250 \text{ kN}$

1) Perhitungan tulangan lentur

Untuk perhitungan tulangan lentur dilakukan dengan melakukan permodelan dengan menggunakan aplikasi *SPCollumn V6.0.0*, dengan tahapan yang dilaksanakan adalah sebagai berikut.

a) Memasukkan data awal

Untuk memasukkan data awal permodelan dapat digunakan menu *General Information*. Pada menu tersebut dapat dimasukkan data seperti nama project dan kode *pile* yang akan

dilakukan permodelan, kemudian untuk unit dapat dipilih satuan yang diinginkan dan pada permodelan ini dipilih satuan Metric. Pada option *Run Axis*, untuk menentukan arah analisis pembebanan yang digunakan.

General Information

Labels

Project: DRC BPD DIY WATES

Column: BP-50 Engineer:

Design Code: ACI 318-14

Units: ☐ English ☒ Metric

Run Option: ☒ Investigation ☐ Design

Run Axis: ☐ About X-Axis ☒ Biaxial ☐ About Y-Axis

Consider slenderness? ☐ Yes ☒ No

OK Cancel

Gambar 5.7 Tampilan Menu *General Information*

- b) Memasukkan data material yang digunakan
- Data mutu beton dan besi tulangan yang digunakan dapat dimasukkan pada menu *Material Properties* seperti pada gambar berikut.

Material Properties

Concrete

Strength, f'_c : 26.4 MPa

☒ Standard

Elasticity, E_c : 24149 MPa

Max stress, f_c : 22.44 MPa

Beta(1): 0.85

Ultimate strain: 0.003

Reinforcing Steel

Strength, f_y : 390 MPa

☒ Standard

Elasticity, E_s : 200000 MPa

Compression-controlled strain limit

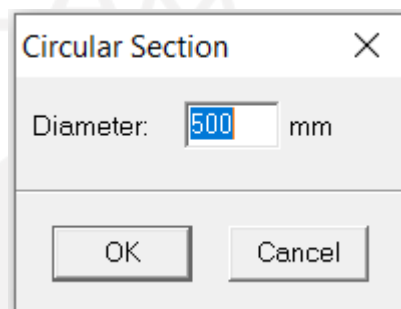
E_{ps_yt} : 0.00195

OK Cancel

Gambar 5.8 Tampilan Menu *Material Properties*

c) Memilih bentuk dan dimensi penampang

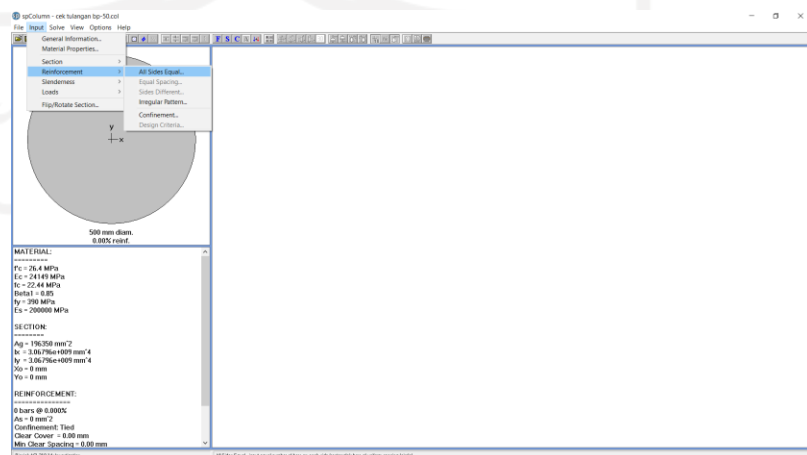
Langkah selanjutnya adalah memilih bentuk penampang dan memasukkan diameter *pile*. Untuk memilih bentuk penampang dapat dipilih menu *Input - Section* dan pilih *Circular* untuk bentuk penampang lingkaran. Kemudian akan muncul kotak dialog *Circular Section* untuk memasukkan diameter *pile*.



Gambar 5.9 Tampilan Kotak Dialog *Circular Section*

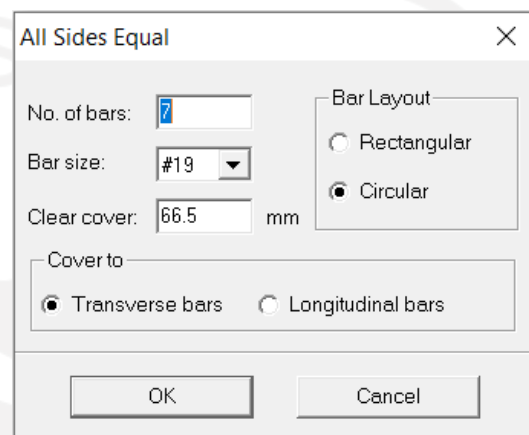
d) Memilih konfigurasi dan jumlah tulangan yang digunakan

Setelah memasukkan diameter *pile* kemudian memilih konfigurasi atau *layout* tulangan yang akan digunakan pada permodelan dengan cara pilih *Input - Reinforcement* dan pilih *All Sides Equal* untuk konfigurasi tulangan yang sama pada setiap sisi.

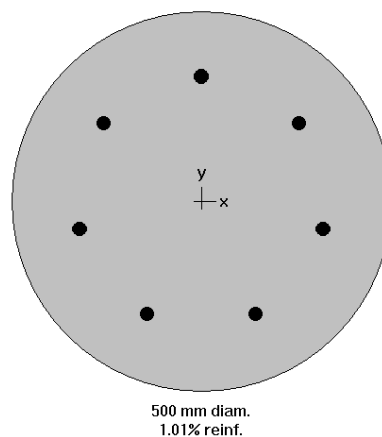


Gambar 5.10 Memilih Konfigurasi Tulangan

Kemudian akan muncul kotak dialog untuk memasukkan jumlah tulangan, diameter yang digunakan, lebar bersih selimut beton, arah pembesian dan *layout* penempatan tulangan. Untuk luas tulangan minimal yang digunakan sebesar 1% dari luas penampang beton.



Gambar 5.11 Memasukkan Data Tulangan



Gambar 5.12 Preview Permodelan BP-50

e) Memasukkan data beban

Data pembebanan yang dimasukkan ke dalam analisis berasal dari data yang digunakan pada dokumen perencanaan untuk meninjau kapasitas dukung *pile*. Langkah untuk memasukkan beban adalah pilih menu *Input - Loads – Factored*. Adapun

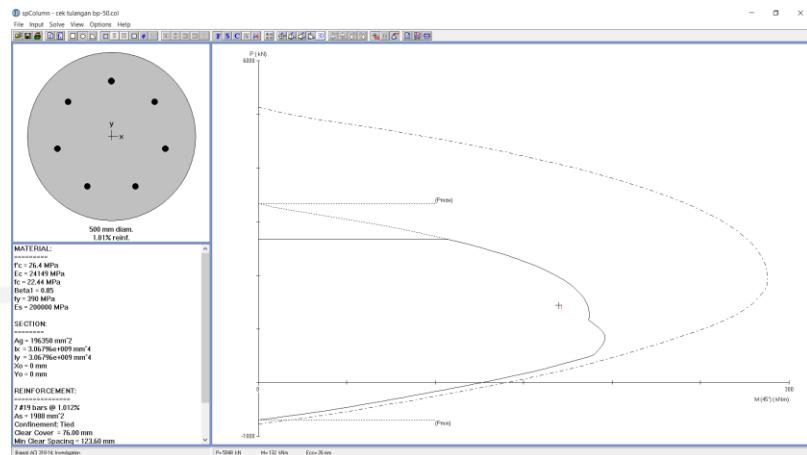
beban yang dimasukkan pada penelitian ini adalah $P_u = 1444$ kN dan $M_u = 120$ kNm.

No.	P	Mx	My
1	1444	120	120

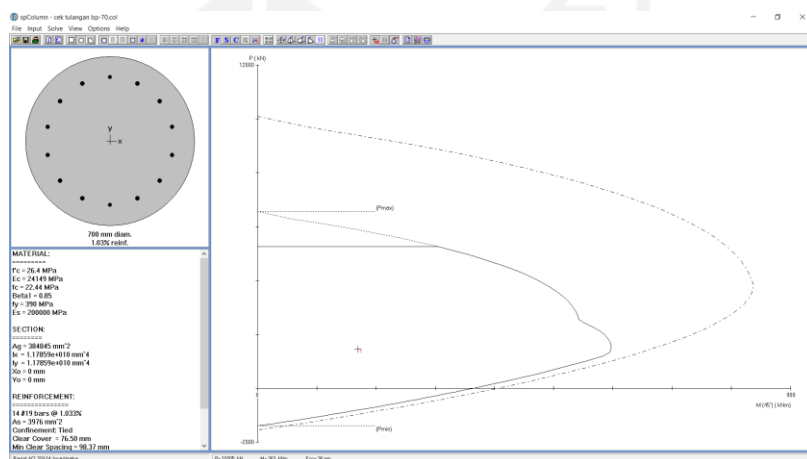
Gambar 5.13 Memasukkan Data Beban

f) Melakukan *Running Program*

Running Program dilakukan untuk meninjau hasil permodelan untuk mengetahui kondisi *pile* apakah dapat menahan beban yang diberikan. Langkah untuk melakukan *running* program adalah pilih *Solve – Excute* kemudian pilih tampilan P-M Diagram dan masukkan besar data momen untuk menampilkan diagram interaksi Mn-Pn. Berikut merupakan hasil *running program* pada *bore pile* diameter 50 cm (BP 50) dan *bore pile* diameter 70 cm (BP 70).



Gambar 5.14 Diagram Interaksi Mn-Pn BP-50



Gambar 5.15 Diagram Interaksi Mn-Pn BP-70

Berdasarkan analisis dengan menggunakan program *SPCollumn* V6.0.0, didapatkan grafik kuat rencana lebih besar dari pada beban ultimit yang diterima *pile* sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa desain pada BP-50 dan BP-70 dapat menahan beban ultimit yang diteruskan oleh kolom.

2) Perhitungan tulangan geser

Berikut merupakan contoh perhitungan tulangan geser untuk BP-50 dengan diketahui data sebagai berikut.

Kuat tekan beton $F'_c = 26.4 \text{ Mpa}$

Kuat tarik baja $F_y = 390 \text{ Mpa}$

Diameter *pile* $b = 500 \text{ mm}$

Diameter tulangan $d_b = 19 \text{ mm}$

Diameter sengkang $d_s = 10 \text{ mm}$

Selimut beton $s_b = 75 \text{ mm}$

Gaya horizontal $H_u = 250 \text{ kN}$

a) Gaya geser nominal pada *pile*

$$\begin{aligned} d &= b - s_b - \frac{1}{2} d_b \\ &= 500 - 75 - \frac{1}{2} \times 19 \\ &= 415.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \times 1000 \\ &= 0.17 \times \sqrt{26.4} \times 500 \times 415.5 \times 1000 \\ &= 177.91 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \times V_c \\ &= 0.75 \times 177.91 \\ &= 133.43 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek syarat, $\phi V_c < H_u = 133.43 \text{ kN} < 250 \text{ kN}$ maka perlu tulangan geser

b) Jarak tulangan maksimal

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{H_u}{\phi} \\ &= \frac{250}{0.75} \\ &= 333.33 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times \frac{1}{2} \times \pi \times d_s^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times d \times F_y}{(V_n - V_c)} \\ &= \frac{157.08 \times 415.5 \times 390}{(333.33 - 177.91)} \\ &= 163.77 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan geser D10 – 150 mm.

Berdasarkan hasil perhitungan tulangan *bore pile* di atas, hasil rekapitulasi penulangan dapat dilihat pada Tabel 3.39 berikut.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Penulangan *Bore Pile*

Tipe	Diameter (mm)	Tulangan Pokok	Tulangan Sengkang
BP-50	500	7D19	D10-150
BP-70	700	14D19	D10-250

4. Desain struktur *pile cap*

Beban yang digunakan pada desain *pile cap* adalah beban aksial terfaktor yang berasal dari dokumen perencanaan. Adapun data beban terfaktor yang digunakan dalam desain dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Data Beban Terfaktor Pada *Pile Cap*

Pile Cap	Beban (kN)
P1	2295
P1'	2295
P2	2200
P3	2753

Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi

Langkah perhitungan struktur *pile cap* mengacu pada Pamungkas dan Harianti (2013). Berikut merupakan perhitungan struktur *pile cap* untuk P 1 dengan diketahui data sebagai berikut.

Tahanan konus	$q_c = 28,00 \text{ kg/cm}^2$
Diameter <i>pile</i>	$D = 0,5 \text{ m}$
Lebar <i>pile cap</i> arah x	$B_x = 3D + 2D$ $= 3 (0,50) + 2 (0,50)$ $= 2,50 \text{ m}$
Lebar <i>pile cap</i> arah y	$B_y = 3D + 2D$ $= 3 (0,50) + 2 (0,50)$ $= 2,50 \text{ m}$
Tebal <i>pile cap</i>	$h = 0,60 \text{ m}$
Tebal selimut	$d' = 0,075 \text{ m}$

Lebar kolom arah x	$b_x = 0,50 \text{ m}$
Lebar kolom arah y	$b_y = 0,60 \text{ m}$
Posisi kolom	$\alpha_s = 40$
Kuat tekan beton	$f'_c = 26,40 \text{ MPa}$
Kuat tarik baja	$F_y = 390 \text{ Mpa}$
Berat jenis beton	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
Gaya aksial terfaktor	$P_u = 2295 \text{ kN}$

a. Gaya geser satu arah pada *pile cap*

1) Tinjauan geser arah x

a) Luas dasar *pile cap*

$$\begin{aligned} A &= B_x \times B_y \\ &= 2,50 \times 2,50 \\ &= 6,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b) Tegangan tanah yang terjadi

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_u}{A} \\ &= \frac{2295}{6,25} \\ &= 367,20 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c) Tebal efektif *pilecap*

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 0,60 - 0,075 \\ &= 0,525 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Panjang daerah pembebanan yang diperhitungkan

$$\begin{aligned} G' &= B_x - \left(\frac{B_x}{2} + \frac{b_x}{2} + d \right) \\ &= 2,50 - \left(\frac{2,50}{2} + \frac{0,50}{2} + 0,525 \right) \\ &= 0,475 \text{ m} \end{aligned}$$

e) Gaya geser arah x

$$\begin{aligned} V_{ux} &= \sigma \times B_x \times G' \\ &= 367,2 \times 2,5 \text{ m} \times 0,475 \\ &= 436,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

f) Kuat geser *pilecap* arah x

$$\begin{aligned}\phi \times V_c &= \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times B_x \times d \\ &= 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{26,4} \times 2,50 \times 0,525 \\ &= 842,97 \text{ kN}\end{aligned}$$

Syarat $\phi \times V_c > V_{ux}$ ($842,97 \text{ kN} > 436,05$) sehingga memenuhi syarat

2) Tinjauan geser arah y

a) Luas dasar *pile cap*

$$\begin{aligned}A &= B_x \times B_y \\ &= 2,50 \times 2,50 \\ &= 6,25 \text{ m}^2\end{aligned}$$

b) Tegangan tanah yang terjadi

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_u}{A} \\ &= \frac{2295}{6,25} \\ &= 367,20 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

c) Tebal efektif *pilecap*

$$\begin{aligned}d &= h - d' \\ &= 0,60 - 0,075 \\ &= 0,525 \text{ m}\end{aligned}$$

d) Panjang daerah pembebanan yang diperhitungkan

$$\begin{aligned}G' &= B_y - \left(\frac{B_y}{2} + \frac{b_y}{2} + d \right) \\ &= 2,50 - \left(\frac{2,50}{2} + \frac{0,60}{2} + 0,525 \right) \\ &= 0,425 \text{ m}\end{aligned}$$

e) Gaya geser arah y

$$\begin{aligned}V_{uy} &= \sigma \times B_y \times G' \\ &= 367,2 \times 2,5 \text{ m} \times 0,425 \\ &= 390,15 \text{ kN}\end{aligned}$$

f) Kuat geser *pilecap* arah x

$$\begin{aligned}\phi \times V_c &= \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times B_x \times d \\ &= 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{26,4} \times 2,50 \times 0,525 \\ &= 842,97 \text{ kN}\end{aligned}$$

Syarat $\phi \times V_c > V_{ux}$ (842,97 kN > 390,15) OK

3) Tinjauan geser dua arah (Pons)

a) Lebar penampang kritis

$$\begin{aligned}B' &= b_x + 2 \times \frac{1}{2} \times d \\ &= 0,50 + 2 \times \frac{1}{2} \times 0,525 \\ &= 1,03 \text{ m}\end{aligned}$$

b) Gaya geser dua arah yang terjadi

$$\begin{aligned}V_u &= \sigma \times (Bx^2 - G'^2) \\ &= 367,20 \times (2,50^2 - 1,03^2) \\ &= 1909,21 \text{ kN}\end{aligned}$$

c) Rasio panjang dan lebar kolom

$$\begin{aligned}\beta_c &= \frac{b_y}{b_x} \\ &= \frac{0,60}{0,50} \\ &= 1,20\end{aligned}$$

d) Keliling penampang kritis pondasi telapak

$$\begin{aligned}b_o &= 4B' \\ &= 4 \times 1,03 \\ &= 4,10 \text{ m}\end{aligned}$$

e) Kuat geser *pilecap*

$$\begin{aligned}V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1,2}\right) \times \frac{\sqrt{26,4} \times 4,10 \times 0,525}{6} \\ &= 4915,44 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= \left(\frac{40 \times 0,525}{4,10} + 2 \right) \times \frac{\sqrt{26,4} \times 4,10 \times 0,525}{12} \\
 &= 6563,91 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{26,4} \times 4,1 \times 0,525 \\
 &= 3686,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_{c \text{ pakai}} = 3686,58 \text{ kN.}$$

Syarat ($\phi \times V_c > V_u$) maka,

$$0,75 \times 3686,58 > 1909,21$$

$$2764,94 > 1909,21 \text{ OK}$$

b. Perhitungan tulangan *pile cap*

1) Tulangan utama arah x

a) Lebar penampang kritis

$$\begin{aligned}
 B' &= \frac{B_x}{2} - \frac{b_x}{2} \\
 &= \frac{2,50}{2} - \frac{0,50}{2} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b) Berat *pile cap* pada penampang kritis

$$\begin{aligned}
 q' &= \gamma_c \times B_x \times h \\
 &= 2,4 \times 2,50 \times 0,6 \\
 &= 36 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

c) Momen yang terjadi pada *pile cap*

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 2 \times \frac{P_u}{4} \times b_x - \frac{1}{2} \times q' \times B'^2 \\
 &= 2 \times \frac{2295}{4} \times 0,5 - \frac{1}{2} \times 36 \times 1^2 \\
 &= 555,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d) Luas tulangan utama yang dipakai

Dicoba digunakan D19 – 150

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{B_x}{s}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times \frac{2500}{150}$$

$$= 4819,99 \text{ mm}^2$$

e) Cek momen nominal *pile cap*

Mencari nilai a,

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f'_c \times B \times d}$$

$$= \frac{4819,99 \times 390}{0,85 \times 26,4 \times 2,50}$$

$$= 33,51 \text{ mm}$$

Momen nominal *pile cap*,

$$\phi \times M_n = \phi \times A_s \times F_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a\right)$$

$$= 0,8 \times 4819,99 \times 390 \times \left(0,525 - \frac{1}{2} \times 33,51\right)$$

$$= 764,31 \text{ kNm}$$

Syarat,

$$\phi \times M_n > M_{ux}$$

$$764,31 > 555,75 \text{ OK}$$

f) Luas tulangan susut yang dipakai

Dicoba digunakan D13 – 200

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{B \times d}{s}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times \frac{2500}{200}$$

$$= 1725,52 \text{ mm}^2$$

Syarat,

$$A_s \text{ susut} > 20\% A_s \text{ utama}$$

$$1725,52 > 20\% \times 4819,99$$

$$1725,52 > 964 \text{ OK}$$

2) Tulangan utama arah y

a) Lebar penampang kritis

$$B' = \frac{B_y}{2} - \frac{b_y}{2}$$

$$= \frac{2,50}{2} - \frac{0,60}{2}$$

$$= 0,95 \text{ m}$$

- b) Berat *pile cap* pada penampang kritis

$$\begin{aligned} q' &= \gamma_c \times B_y \times h \\ &= 2,4 \times 2,50 \times 0,6 \\ &= 36 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- c) Momen yang terjadi pada *pile cap*

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 2 \times \frac{P_u}{4} \times b_y - \frac{1}{2} \times q' \times B'^2 \\ &= 2 \times \frac{2295}{4} \times 0,6 - \frac{1}{2} \times 36 \times 0,95^2 \\ &= 672,26 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d) Luas tulangan utama yang dipakai

Dicoba digunakan D19 – 150

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{B_y}{s} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times \frac{2500}{150} \\ &= 4819,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- e) Cek momen nominal *pile cap*

Mencari nilai a,

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f'_c \times B_x} \\ &= \frac{4819,99 \times 390}{0,85 \times 26,4 \times 2,50} \\ &= 33,51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen nominal *pile cap*,

$$\begin{aligned} \phi \times M_n &= \phi \times A_s \times F_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a\right) \\ &= 0,8 \times 4819,99 \times 390 \times \left(0,525 - \frac{1}{2} \times 33,51\right) \\ &= 764,31 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned} \phi \times M_n &> M_{ux} \\ 764,31 &> 672,26 \text{ OK} \end{aligned}$$

- f) Luas tulangan susut yang dipakai

Dicoba digunakan D13 – 200

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{B_y}{s}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times \frac{2500}{200}$$

$$= 1725,52 \text{ mm}^2$$

Syarat,

As susut > 20% As utama

$1725,52 \text{ mm}^2 > 20\% \times 4819,99$

$1725,52 \text{ mm}^2 > 964 \text{ mm}^2$ (OK)

3) Tulangan peminggang

Jarak antar tulangan atas dan bawah maksimal adalah 300 mm, sehingga digunakan tulangan peminggang. Untuk tulangan yang dipakai adalah 2D13

Rekapitulasi hasil perhitungan desain struktur *pile cap* meliputi dimensi dan kebutuhan tulangan dapat dilihat pada Tabel 5.41 dan 5.42 berikut.

Tabel 5.41 Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan *Pile Cap* BP-50

Tipe	Dimensi (m)			Tulangan Bawah	Tulangan Atas	Tulangan Pinggang
	Panjang	Lebar	Tebal			
P1	2,50	2,50	0,60	D19-150	D13-200	2D13
P1'	2,50	2,50	0,60	D19-150	D13-200	2D13
P2	2,50	4,00	0,60	D19-150	D13-200	2D13
P3	4,00	4,00	0,60	D19-150	D13-200	2D13

Tabel 5.42 Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan *Pile Cap* BP-70

Tipe	Dimensi (m)			Tulangan Bawah	Tulangan Atas	Tulangan Pinggang
	Panjang	Lebar	Tebal			
P1	1,40	3,15	0,70	D19-100	D13-200	2D13
P1'	1,40	3,15	0,70	D19-100	D13-200	2D13
P2	3,15	4,40	0,70	D19-150	D13-200	2D13
P3	3,90	3,90	0,70	D19-150	D13-200	2D13

5.3.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pada tahap ini akan dihitung berapa besar biaya pekerjaan fondasi existing dan desain fondasi yang akan direkomendasikan, sehingga dapat diketahui desain fondasi apa yang dapat memberikan biaya yang lebih ekonomis melalui perbandingan secara langsung. Dasar atau acuan dalam menghitung Rencana

Anggaran Biaya (RAB) suatu pekerjaan adalah gambar kerja atau gambar DED dan spesifikasi teknis. Gambar kerja digunakan untuk mengetahui jumlah volume pekerjaan seperti volume beton dan volume pembesian, sedangkan spesifikasi teknis digunakan untuk mengetahui jenis atau spesifikasi material yang digunakan seperti mutu beton dan mutu besi tulangan yang digunakan. Selain mengacu pada gambar DED juga dapat mengacu pada hasil perhitungan desain struktur fondasi, karena perhitungan struktur menjadi dasar dalam pembuatan gambar kerja/DED. Berikut ini merupakan perhitungan rencana anggaran biaya pada pekerjaan fondasi existing dan pada pekerjaan desain fondasi yang akan direkomendasikan.

5.3.4.1 Perhitungan Biaya Pekerjaan Fondasi *Existing*

Berikut merupakan tahapan dalam penyusunan RAB desain fondasi *existing*.

1. Perhitungan Volume Pekerjaan

Pada penelitian ini jumlah volume pekerjaan yang akan digunakan mengacu pada *Bill of Quantity* (BoQ) yang dibuat oleh PT Proporsi selaku konsultan perencanaan Gedung DRC PT Bank BPD DIY. Rekapitulasi volume pekerjaan pada desain fondasi *existing* dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Fondasi *Existing*

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
	Pekerjaan Beton		
1.	<i>Pilecap</i> P1 300x300		
	Pembesian	14.011,484	kg
	<i>Bekisting</i>	79,200	m ²
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	59,400	m ³
2.	<i>Pilecap</i> P1' 300x300		
	Pembesian	2.545,527	kg
	<i>Bekisting</i>	14,400	m ²
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	10,800	m ³
3.	<i>Pilecap</i> P2 480x300		
	Pembesian	2.090,621	kg
	<i>Bekisting</i>	9,360	m ²
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	8,640	m ³

Lanjutan Tabel 5.43 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Fondasi Existing

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
4.	<i>Pilecap</i> P3 480x480		
	Pembesian	2.799,149	kg
	<i>Bekisting</i>	11,520	m ²
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	13,824	m ³
5.	Fondasi <i>Strauss pile</i> Ø60cm		
	Pembesian	26.806,185	kg
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	240,464	m ³
	<i>Preboring</i> Ø60 cm	850,900	m ¹
	Potong fondasi <i>strauss pile</i>	11,361	m ³

(Sumber : Dokumen Perencanaan PT Proporsi)

2. Perhitungan harga satuan pekerjaan

a) Harga satuan upah, material dan alat serta jasa

Daftar harga satuan upah, material, alat dan jasa dapat dilihat pada Tabel 5.44, Tabel 5.45, dan Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.44 Harga Satuan Upah

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp.)
1	Pekerja	OH	120.000,00-
2	Tukang kayu	OH	135.000,00-
3	Tukang besi	OH	135.000,00-
4	Tukang batu	OH	135.000,00-
5	Kepala Tukang	OH	150.000,00-
6	Mandor	OH	150.000,00-

(Sumber : Soebarto (2022))

Tabel 5.45 Harga Satuan Material

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp.)
1	Air	Liter	4,00-
2	Semen portland	Kg	1.312,00-
3	Pasir beton	Kg	210.00,-
4	Kerikil (Maks 30 mm)	Kg	166,00-
5	Besi beton (polos/ulir)	Kg	17.600,00-
6	Kawat beton	Kg	23.500,00-

Lanjutan Tabel 5.45 Harga Satuan Material

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp.)
7	Papan Kayu kelas III	m ³	9.426.000,00-
8	Paku 5 - 10 cm	Kg	23.500,00-
9	Minyak bekisting	Liter	16.800,00-

Sumber : Peraturan Bupati Kulon Progo No 26 Tahun 2020

Tabel 5.46 Harga Satuan Alat dan Jasa

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp.)
1	Preboring Ø50 cm	m	235.000,00-
2	Preboring Ø60 cm	m	265.000,00-
3	Preboring Ø70 cm	m	290.000,00-

Sumber : CV Adhidoyo Lestari

b) Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP)

Perhitungan harga satuan pekerjaan mengacu pada Peraturan Walikota (Perwali) Yogyakarta No 88 Tahun 2019. Adapun analisis harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.47, Tabel 5.48, Tabel 5.49, Tabel 5.50, Tabel 5.51, dan Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5.47 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pembesian

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir						
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,070	120.000,-	8.400,-
2	Tukang besi	L.02	OH	0,070	135.000,-	9.450,-
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,007	150.000,-	1.050,-
4	Mandor	L.04	OH	0,004	150.000,-	600,-
JUMLAH TENAGA KERJA						19.500,-
B	BAHAN					
1	Besi beton (polos/ulir)		Kg	10,500	17.600,-	184.800,-
2	Kawat beton		Kg	0,150	23.500,-	3.525,-
JUMLAH HARGA BAHAN						188.325,-
C	PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT						
D	Jumlah (A+B+C)					207.825,-
E	Overhead & Profit (15%)					31.174,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					238.999,-
G	Harga Satuan Pekerjaan per Kg (F/10)					23.900,-

Tabel 5.48 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Ready mix 1 m ³ beton mutu f'c = 26,4 Mpa						
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	1,650	120.000,-	198.000,-
2	Tukang batu	L.02	OH	0,275	135.000,-	37.125,-
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,028	150.000,-	4.200,-
4	Mandor	L.04	OH	0,083	150.000,-	12.450,-
JUMLAH TENAGA KERJA						251.775,-
B	BAHAN					
1	Semen portland		Kg	413	1.313,-	542.063,-
2	Pasir beton		Kg	681	210,-	143.010,-
3	Kerikil (maks 30 mm)		Kg	1021	167,-	170.167,-
4	Air		Ltr	215	4,-	860,-
JUMLAH HARGA BAHAN						856.099,-
C	PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT						
D	Jumlah (A+B+C)					1.107.874,-
E	Overhead & Profit (15%)					166.181,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					1.274.055,-

Tabel 5.49 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bekisting untuk Fondasi

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pemasangan 1 m ² bekisting untuk fondasi						
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,520	120.000,-	62.400,-
2	Tukang kayu	L.02	OH	0,260	135.000,-	35.100,-
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,026	150.000,-	3.900,-
4	Mandor	L.04	OH	0,026	150.000,-	3.900,-
JUMLAH TENAGA KERJA						105.300,-
B	BAHAN					
1	Kayu kelas III		m ³	0,040	9.426.000,-	377.040,-
2	Paku 5-10 cm		Kg	0,300	23.500,-	7.050,-
3	Minyak bekisting		Ltr	0,100	16.800,-	1.680,-
JUMLAH HARGA BAHAN						385.770,-
C	PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT						
D	Jumlah (A+B+C)					491.070,-
E	Overhead & Profit (15%)					73.661,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					564.731,-

Tabel 5.50 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Preboring Ø 50 cm

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pembuatan 1 m Bore Pile Ø 50 cm						
A	TENAGA					
JUMLAH TENAGA KERJA						
B	BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN						
C 1	PERALATAN Mesin bore pile Ø 50 cm		m	1,000	235.000,-	235.000,-
JUMLAH HARGA ALAT						
D	Jumlah (A+B+C)					235.000,-
E	Overhead & Profit (15%)					35.250,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					270.250,-

Tabel 5.51 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Preboring Ø 60 cm

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pembuatan 1 m Bore Pile Ø 60 cm						
A	TENAGA					
JUMLAH TENAGA KERJA						
B	BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN						
C 1	PERALATAN Mesin bore pile Ø 60 cm		m	1,000	265.000,-	265.000,-
JUMLAH HARGA ALAT						265.000,-
D	Jumlah (A+B+C)					265.000,-
E	Overhead & Profit (15%)					39.750,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					304.750,-

Tabel 5.52 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Preboring Ø 70 cm

No.	Uraian	Kode	Sat.	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pembuatan 1 m Bore Pile Ø 70 cm						
A	TENAGA					
JUMLAH TENAGA KERJA						
B	BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN						
C 1	PERALATAN Mesin bore pile Ø 70 cm		m	1,000	290.000,-	290.000,-
JUMLAH HARGA ALAT						290.000,-
D	Jumlah (A+B+C)					290.000,-
E	Overhead & Profit (15%)					43.500,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					333.500,-

3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Berikut merupakan perhitungan RAB untuk pekerjaan fondasi *existing* yang dapat dilihat pada Tabel 5.53 berikut.

Tabel 5.53 Rencana Anggaran Biaya Fondasi *Existing*

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	<i>Pilecap P1 300x300</i>				
	Pembesian	14.011,4	kg	23.900	334.870.709
	<i>Bekisting</i>	79,20	m ²	564.731	44.726.656
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	59,40	m ³	1.274.055	75.678.884
2.	<i>Pilecap P1' 300x300</i>				
	Pembesian	2.545,52	kg	23.900	60.837.610
	<i>Bekisting</i>	14,40	m ²	564.731	8.132.119
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	10,80	m ³	1.274.055	13.759.797
3.	<i>Pilecap P2 480x300</i>				
	Pembesian	2.090,62	kg	23.900	49.965.557
	<i>Bekisting</i>	9,36	m ²	564.731	5.285.877
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	8,64	m ³	1.274.055	11.007.838
4.	<i>Pilecap P3 480x480</i>				
	Pembesian	2.799,15	kg	23.900	66.899.335
	<i>Bekisting</i>	11,52	m ²	564.731	6.505.695
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	13,82	m ³	1.274.055	17.607.444
5.	<i>Fondasi Strauss pile Ø60cm</i>				
	Pembesian	26.806,1	kg	23.900	640.662.439

Tabel 5.53 Rencana Anggaran Biaya Fondasi Existing

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	240,46	m ³	564.731	306359.335
	Preboring Ø60 cm	850,90	m ¹	1.274.055	259.311.775
	Potong fondasi <i>strauss pile</i>	11,36	m ³	1.954.977	22.208.539
Jumlah (Rp)					1.923.819.610

5.3.4.2 Perhitungan Biaya Pekerjaan Fondasi Alternatif

Berikut merupakan tahapan dalam penyusunan RAB desain fondasi alternatif.

1. Perhitungan volume pekerjaan

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk volume pekerjaan pada BP-50.

a. *Preboring*

Diketahui data sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang } pile, & \quad H = 14 \text{ m} \\
 \text{Jumlah } pile, & \quad n = 54 \text{ buah} \\
 \text{Volume } preboring \text{ pile} & \quad \Sigma L = H \times n \\
 & \quad = 14 \times 54 \\
 & \quad = 756 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Beton mutu 26,4 Mpa

Diketahui data sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter } pile, & \quad D = 0,5 \text{ m} \\
 \text{Total panjang } pile, & \quad \Sigma L = 756 \text{ m} \\
 \text{Volume beton} & \quad V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \Sigma L \\
 & \quad = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,50^2 \times 756 \text{ m} \\
 & \quad = 148,55 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Pembedaan

Diketahui data sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan utama} & \quad = 7D19 \\
 \text{Sengkang} & \quad = D10-150
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan berat pembesian dalam 1 *pile*

$$\begin{aligned}\text{Berat tulangan utama} \quad W1 &= H \times n\text{-tulangan} \times \gamma_{\text{besi}} \\ &= (14 + 0,8) \times 7 \times 2,226 \\ &= 230,58 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sengkang} \quad W2 &= L \times \gamma_{\text{besi}} \\ &= \sqrt{\left(\pi \times \frac{H}{s} \times K\right)^2 + H^2} \times \gamma_{\text{besi}} \\ &= \sqrt{\left(\pi \times \frac{14}{0,15} \times (\pi \times 0,5)\right)^2 + 14^2} \times 0,617 \\ &= 284,1 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah berat pembesian} \quad W &= W1 + W2 \\ &= 230,58 + 284,1 \\ &= 514,68 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan total berat pembesian

$$\begin{aligned}\text{Jumlah berat pembesian} \quad \Sigma W &= W \times n\text{-pile} \\ &= 514,68 \times 54 \\ &= 27.792,70 \text{ Kg}\end{aligned}$$

d. Potong kepala *pile*

$$\begin{aligned}\text{Panjang } pile \quad H1 &= \Sigma(\Delta L \times \text{Jumlah } pile) \\ &= 0,9 \times 6 + 0,6 \times 39 + 1,6 \times 9 \\ &= 43,20 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Potong kepala } pile \quad V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \Sigma L \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,50^2 \times 43,20 \text{ m} \\ &= 8,48 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Kemudian untuk contoh perhitungan volume pekerjaan selanjutnya adalah pada pekerjaan *pile cap*. Berikut adalah contoh perhitungan volume pekerjaan pada alternatif *pile cap* 1 (P1).

a. Volume beton (P1)

Diketahui data sebagai berikut

$$\text{Panjang } pile \text{ cap} \quad P = 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar } \textit{pile cap} \quad L &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Jumlah pile cap} \quad n &= 11 \\
 \text{Volume beton} \quad V &= P \times L \times h \times n\text{-pilecap} \\
 &= 0,25 \times 0,25 \times 0,6 \times 11 \\
 &= 41,25 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Pembesian

Diketahui data sebagai berikut.

$$\text{Tulangan Atas} = \text{D19-150}$$

$$\text{Tulangan Bawah} = \text{D13-200}$$

$$\text{Peminggang} = 2\text{D13}$$

Berikut merupakan perhitungan berat pembesian dalam 1 *pile cap*.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tulangan bawah} \quad W1 &= 2 \times (P \times n\text{-tulangan} \times \gamma_{\text{besi}}) \\
 &= 2 \times (3,5 \times 34 \times 2,226) \\
 &= 264,86 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tulangan atas} \quad W2 &= 2 \times (P \times n\text{-tulangan} \times \gamma_{\text{besi}}) \\
 &= 2 \times (3 \times 26 \times 1,042) \\
 &= 81,27 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tulangan pinggang} \quad W3 &= P \times n\text{-tulangan} \times \gamma_{\text{besi}} \\
 &= 2,5 \times 4 \times 1,042) \\
 &= 10,42 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah berat pembesian} \quad W &= W1 + W2 + W3 \\
 &= 264,86 + 81,27 + 10,42 \\
 &= 356,55 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan total berat pembesian

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah berat pembesian} \quad \Sigma W &= W \times n\text{-pile cap} \\
 &= 356,55 \times 11 \\
 &= 3.922,05 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

c. Bekisting

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bekisting} \quad \Sigma L &= (2 \times (P + L)) \times t \times n\text{-pile cap} \\
 &= (2 \times (2,5 + 2,5)) \times 0,6 \times 11 \\
 &= 66 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan harga satuan pekerjaan

Untuk perhitungan harga satuan pekerjaan alternatif fondasi mengacu pada perhitungan biaya yang telah dilakukan pada desain fondasi *existing* yaitu Tabel 5.47, Tabel 5.48, Tabel 5.49, Tabel 5.50, Tabel 5.51 dan Tabel 5.52.

3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

a. *Bore pile* diameter 50 cm

Perhitungan RAB desain *bore pile* Ø 50 cm dapat dilihat pada Tabel 5.54 berikut.

Tabel 5.54 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Fondasi Ø 50 cm

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	<i>Pilecap</i> FP1 250x250				
	Pembesian	3.922,05	kg	23.900	93.736.461
	<i>Bekisting</i>	66,000	m ²	564.731	37.272.213
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	41,250	m ³	1.274.055	52.554.781
2.	<i>Pilecap</i> FP1' 250x250				
	Pembesian	713,100	kg	23.900	17.042.993
	<i>Bekisting</i>	12,000	m ²	564.731	6.776.766
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	7,500	m ³	1.274.055	9.555.415
3.	<i>Pilecap</i> FP2 250x400				
	Pembesian	580,860	kg	23.900	13.882.373
	<i>Bekisting</i>	7,800	m ²	564.731	4.404.898
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	6,000	m ³	1.274.055	7.644.332
4.	<i>Pilecap</i> FP3 400x400				
	Pembesian	805,160	kg	23.900	19.243.249
	<i>Bekisting</i>	9,600	m ²	564.731	5.421.413

Lanjutan Tabel 5.54 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Fondasi Ø 50 cm

	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	9,600	m ³	1.274.055	12.230.931
5.	Fondasi <i>Strauss pile</i> Ø 50cm				
	Pembesian	2.7792,7	kg	23.900	664.241.955
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	148,440	m ³	564.731	664.241.955
	<i>Preboring</i> Ø 50 cm	756,000	m ¹	1.274.055	189.121.090
	Potong fondasi <i>strauss pile</i>	8,482	m ³	1.954.977	16.582.702
Jumlah (Rp)					1.354.020.569

b. *Bore pile* diameter 70 cm

Perhitungan RAB desain *bore pile* Ø 70 cm dapat dilihat pada Tabel 5.55 berikut.

Tabel 5.55 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Fondasi Ø 70 cm

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	<i>Pilecap</i> FP1 180x350				
	Pembesian	5.277,970	kg	23.900	126.142.815
	<i>Bekisting</i>	60,060	m ²	564.731	33.917.714
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	29,106	m ³	1.274.055	37.082.653
2.	<i>Pilecap</i> FP1' 180x350				
	Pembesian	959,631	kg	23.900	22.935.057
	<i>Bekisting</i>	10,920	m ²	564.731	6.166.857
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	5,292	m ³	1.274.055	6.742.301
3.	<i>Pilecap</i> FP2 250x400				
	Pembesian	741,206	kg	23.900	17.714.725
	<i>Bekisting</i>	9,060	m ²	564.731	5.116.458

Lanjutan Tabel 5.55 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Fondasi Ø 70 cm

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	8,316	m ³	1.274.055	10.595.044
4.	<i>Pilecap</i> FP3 400x400				
	Pembesian	798,229	kg	23.900	19.077.566
	<i>Bekisting</i>	9,360	m ²	564.731	5.285.877
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	9,126	m ³	1.274.055	11.627.029
5.	Fondasi <i>Strauss pile</i> Ø 70cm				
	Pembesian	25.194,692	kg	23.900	602.150.000
	Beton mutu f'c 26,4 Mpa (K300)	193,962	m ³	1.274.055	247.118.224
	<i>Preboring</i> Ø 70 cm	504,000	m ¹	333.500	168.084.000
	Potong fondasi <i>strauss pile</i>	12.084	m ³	1.954.977	23.624.208
Jumlah (Rp)					1.343.380.528

5.4 Tahap Rekomendasi

Tahap terakhir dari *value engineering job plan* adalah tahap rekomendasi, dimana ide-ide yang muncul pada tahap kreatif dan kemudian dianalisis serta didesain diajukan sebagai sebuah alternatif desain. Pada tahap ini juga akan dijelaskan mengenai kelebihan dari alternatif desain yang direkomendasikan agar owner menjadi lebih untuk menggunakan desain alternatif. Berikut merupakan rekomendasi desain alternatif desain fondasi yang diajukan adalah sebagai berikut (Tabel 5.56).

Lanjutan Tabel 5.56 Tahap Rekomendasi Pekerjaan Fondasi Alternatif

Kemudian untuk desain *pile cap* baru yang diajukan adalah sebagai berikut.

<i>Pile Cap</i>	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Selimut Beton (mm)
P1	140	315	70	D22-125	D19-100	75
P1'	140	315	70	D22-125	D19-100	75
P2	315	440	70	D22-125	D19-150	75
P3	390	390	70	D22-125	D19-150	75

Dengan menggunakan desain yang direkomendasikan, maka diperlukan biaya pekerjaan sebesar Rp. 1.343.380.528,- dengan besar penghematan Rp. 580.439.082,-. Selain dari aspek biaya terdapat beberapa manfaat dari penggunaan alternatif fondasi tersebut, antara lain adalah dari aspek waktu perpindahan alat. Dengan jumlah titik bor yang lebih sedikit maka jumlah perpindahan alat akan lebih sedikit sehingga akan memangkas waktu yang dibutuhkan alat untuk melaksanakan perpindahan antar titik bor. Selanjutnya apabila dilihat dari aspek metode pelaksanaan pekerjaan, apabila pengecoran *pile* dilaksanakan secara bersamaan dengan titik bor yang berbeda maka tidak memerlukan banyak plat baja untuk menutup lubang bor agar *mixer truck* dapat mendekati lokasi pengecoran.

5.5 Pembahasan

Dalam sebuah proyek konstruksi biaya, mutu dan waktu merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur apakah suatu proyek dapat dikatakan berhasil atau tidak. Pemilihan desain bangunan dan metode pelaksanaan yang tepat diharapkan dapat menghasilkan sebuah rancangan bangunan yang tepat biaya, tepat mutu dan tepat waktu. Dalam sebuah perencanaan bangunan tidak jarang masih terdapat bagian-bagian yang masih menimbulkan pembengkakan biaya yang dimana sebenarnya masih dapat dilakukan penghematan. Oleh karena itu perlu dilakukan rekayasa nilai atau *value engineering* yang bertujuan untuk mengidentifikasi biaya-biaya pekerjaan yang ada dan menghilangkan biaya yang tidak diperlukan, sehingga biaya yang digunakan menjadi lebih efisien melalui alternatif-alternatif yang telah ditentukan namun dengan tetap memperhatikan fungsi utama. Penerapan *value engineering* terbukti efektif dapat menaikkan atau memberi *value* lebih pada suatu item pekerjaan jika dalam konteks konstruksi. Hal ini dapat dilihat pada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan, salah satunya pada penelitian yang dilakukan oleh Azhari dkk. (2022). Pada penelitian tersebut

setelah dilakukan analisis *value engineering* didapatkan alternatif desain pelat lantai yang lebih efisien untuk digunakan sehingga didapatkan penghematan biaya dengan tetap mempertahankan fungsi dari pelat lantai. Berdasarkan hal tersebut, penerapan *value engineering* dapat memberikan manfaat yang besar jika dilaksanakan pada sebuah proyek konstruksi.

Pada penelitian ini setelah dilakukan analisis *value engineering* pada pekerjaan fondasi sesuai dengan tahapan *value engineering job plan*. Berdasarkan hasil pengumpulan data atau informasi pada tahap informasi didapatkan hasil seperti pada subbab 5.1.1 dan 5.1.2 yaitu mengenai data umum dan data teknis pada proyek pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY. Data-data tersebut menjadi informasi awal mengenai proyek yang sedang dikerjakan terutama pada pekerjaan fondasi, sehingga data yang didapatkan harus valid karena apabila data atau informasi yang didapatkan salah maka hasil dari *value engineering* tentu tidak akan sesuai tujuan yang diharapkan. Salah satu data yang perlu diketahui pada pekerjaan fondasi adalah data pembebanan pada fondasi berdasarkan hasil analisis struktur yang dilakukan oleh konsultan perencanaan dan data investigasi tanah. Data tersebut menjadi sangat penting untuk diketahui agar jika dilakukan proses desain fondasi maka parameter untuk desain yang digunakan juga sama. Kemudian pada subbab 5.1.3 dilakukan analisis fungsi terkait item pekerjaan fondasi dan didapatkan hasil bahwa yang menjadi fungsi primer atau fungsi utama dari fondasi adalah mampu menerima, menahan dan meneruskan beban struktur atas atau mendistribusikan beban ke lapisan tanah. Hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Hardiyatmo (2002) dimana fondasi memiliki fungsi utama untuk meneruskan atau mendistribusikan beban bangunan ke lapisan tanah di bawahnya. Berdasarkan hal tersebut, maka alternatif fondasi yang akan dimunculkan pada tahap kreatif harus memenuhi fungsi-fungsi tersebut.

Pada tahap kreatif dalam memunculkan alternatif tipe fondasi dilakukan oleh peneliti berdasarkan pengetahuan dan hasil studi literatur pada penelitian yang pernah dilakukan sesuai kondisi *existing* dengan menggunakan Teknik *Brainstorming*. Dimana dengan menggunakan teknik ini prinsip dasar yang dapat diterapkan adalah dalam memunculkan ide dapat dilakukan sebanyak-banyaknya.

Adapun alternatif-alternatif yang dimunculkan oleh peneliti jika ditinjau secara umum dari saran yang diberikan oleh responden dalam kuesioner, alternatif-alternatif tersebut sudah cukup untuk dijadikan alternatif jenis fondasi karena dari rata-rata responden mengatakan sudah cukup dan tidak menyarankan alternatif tipe fondasi lain. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sosrodarsono dan Nakazawa (1980) dimana apabila kondisi tanah pendukung terletak pada kedalaman sekitar 10 - 20 m di bawah permukaan maka dapat digunakan jenis fondasi tiang, fondasi tiang apung, koison (sumuran) atau tiang baja. Namun terdapat satu responden yang menyarankan untuk menambahkan tipe fondasi telapak menerus, sehingga saran tersebut dapat dijadikan referensi pada penelitian selanjutnya untuk ditambahkan pada alternatif desain fondasi.

Pada tahap analisis, kriteria pemilihan fondasi yang digunakan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Jaya (2019) dan Asmarani (2019). Berdasarkan hasil kuesioner terdapat saran yang sama dari dua orang responden untuk ditambahkan sebagai kriteria pemilihan alternatif fondasi yaitu kriteria mengenai gangguan lingkungan dan ketersediaan material. Namun jika dilihat secara umum rata-rata responden memiliki saran yang berbeda sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kriteria yang disarankan oleh responden bersifat subjektif dan bukan merupakan hal yang baku. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan kriteria yang digunakan pada penelitian ini sudah cukup untuk dijadikan acuan dalam pemilihan desain fondasi. Untuk kriteria mengenai gangguan lingkungan dan ketersediaan material dapat dijadikan pertimbangan untuk digunakan atau ditambahkan pada penelitian selanjutnya karena terdapat dua responden yang menyarankan kriteria yang sama. Pada tahap penilaian alternatif desain fondasi, mayoritas responden tidak menyarankan untuk menggunakan fondasi *cyclop* karena memiliki kemungkinan untuk tidak dapat dilaksanakan akibat kedalaman tanah keras yang terlalu dalam dan muka air tanah yang lebih tinggi sehingga akan sulit untuk dilaksanakan. Dengan alasan tersebut fondasi *cyclop* memiliki rata-rata penilaian yang rendah yaitu di bawah satu, sehingga pada saat analisis keuntungan dan kerugian fondasi *cyclop* dieliminasi. Pada tahap penilaian keuntungan dan kerugian bobot nilai pada masing-masing

alternatif belum dapat ditentukan karena bobot nilai yang didapatkan belum memperhitungkan bobot secara menyeluruh terhadap masing-masing kriteria atau dengan kata lain tahap penilaian alternatif belum selesai.

Adapun hasil dari penelitian ini didapatkan desain fondasi dengan menggunakan fondasi yang sama dengan fondasi *existing* namun dengan dimensi dan detail penulangan yang berbeda dengan biaya yang lebih rendah. Dari hasil penelitian ini juga menjadi bukti bahwa penerapan *value engineering* dapat memberikan manfaat yang besar sehingga dapat dilakukan pada setiap proyek konstruksi. Namun terdapat hal yang perlu diperhatikan pada saat pelaksanaan pekerjaan fondasi alternatif yaitu detail penulangan. Karena pada penulangan pada P1 dan P1' berbeda dengan penulangan P2 dan P3 sehingga memiliki potensi kesalahan dalam pelaksanaannya yaitu pelaksana memasang tulangan yang sama. Berdasarkan hal tersebut dapat menjadi perhatian atau referensi pada setiap perencanaan, terutama pada pekerjaan struktur yaitu fondasi. Dimana dalam merencanakan suatu bangunan harus memperhatikan kemudahan pelaksanaan karena apabila terlalu banyak variasi akan menimbulkan potensi kesalahan pada saat pelaksanaan akibat kelalaian atau kurangnya ketelitian pada saat pelaksanaan.

5.6 Kesimpulan

Telah diuraikan di atas mengenai analisis *value engineering* sesuai dengan *value engineering job plan* pada pekerjaan fondasi Gedung DRC PT Bank BPD DIY dan telah didapatkan alternatif desain fondasi yang akan direkomendasikan. Kemudian pada bab selanjutnya yaitu bab enam akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran pada penelitian ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pemilihan desain alternatif fondasi dengan menggunakan analisis *value engineering* didapatkan hasil jenis fondasi yang direkomendasikan adalah fondasi *bore pile* dengan diameter 70 cm dengan tulangan pokok 14D19 dan tulangan sengkang D10-250. Untuk *pile cap* P1 dan P1' menggunakan dimensi 140 x 315 x 70 cm dengan tulangan pokok bawah D19-100, tulangan pokok atas D13-200 serta tulangan peminggang 2D13. Untuk *pile cap* P2 menggunakan dimensi 175 x 440 x 70 cm dengan tulangan pokok bawah D19-150, tulangan pokok atas D13-200 serta tulangan peminggang 2D13. Untuk *pile cap* P3 menggunakan dimensi 390 x 390 x 70 cm dengan tulangan pokok bawah D19-150, tulangan pokok atas D13-200 serta tulangan peminggang 2D13. Besar penghematan yang didapatkan dengan menggunakan desain alternatif sebesar Rp 580.439.082,-

6.2 Saran

Berdasarkan tahapan analisis *value engineering* yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa hal yang sebaiknya dilakukan mengenai penerapan *value engineering* terutama pada pekerjaan fondasi gedung, antara lain sebagai berikut.

1. Waktu penerapan *value engineering* sebaiknya dilakukan pada tahap desain bangunan, sehingga pada saat pelaksanaan proyek desain yang digunakan adalah desain terbaik sehingga tidak menyebabkan terjadinya perubahan desain yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya akibat proses redesain.
2. Untuk menentukan bagian bangunan yang menjadi objek *value engineering* sebaiknya terlebih dahulu dianalisis pada seluruh bagian bangunan seperti bagian struktural, arsitektural dan mekanikal atau dengan kata lain tidak terbatas pada bagian fondasi saja sehingga dapat diketahui bagian bangunan mana yang memiliki potensi penghematan biaya yang besar apabila dilakukan *value engineering*.

3. Pada desain struktur bawah atau fondasi sebaiknya apabila dilakukan desain *pile cap* juga dilakukan desain *tie beam*, karena *tie beam* juga berperan dalam menahan momen yang diterima oleh *pile cap*.
4. Pada penelitian selanjutnya berdasarkan saran responden dapat dipertimbangkan untuk ditambahkan kriteria untuk pemilihan alternatif tipe fondasi yaitu kriteria gangguan lingkungan dan ketersediaan material. Kemudian untuk alternatif tipe fondasi dapat ditambahkan untuk tipe fondasi telapak menerus.

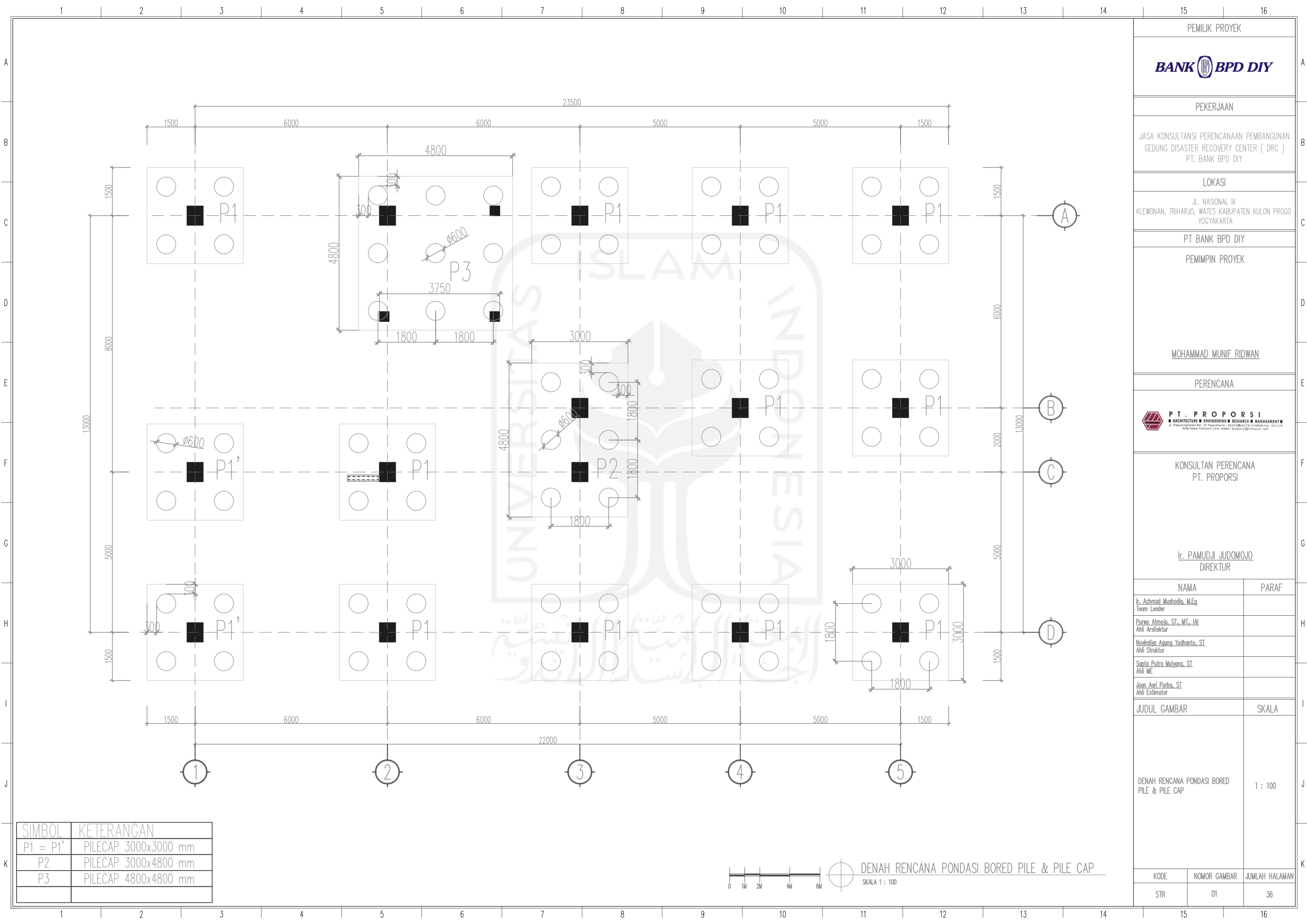


DAFTAR PUSTAKA

- Amirin, T. M. 1995. *Menyusun Rencana Penelitian*. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Arikunto, S. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Rineka Cipta. Jakarta
- Asmarani, U. 2019. Pemilihan Pondasi dengan Metode Analisis Untung Rugi dan Kelayakan. *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesai. Yogyakarta.
- Azhari, F. M. dkk. 2022. Optimalisasi Biaya Pelaksanaan Pembangunan *Administration Building* Menggunakan Metode *Value Engineering*. *Bearing : Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*. Vol.07 No.04:230-236. Palembang
- Barrie, D. dan Paulson, B. 1984. *Manajemen Konstruksi Profesional*. Terjemahan oleh Sudinarto. 1990. Erlangga. Jakarta
- Cahyania, D. 2018. Tinjauan Atas Prosedur Pembelian Peralatan Kantor pada PT Deltra Wijaya Konsultan. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Komputer Indonesia. Bandung
- Chandra, S. 2014. *Maximizing Construction Project and Investment Budget Efficiency with Value Engineering*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Darajah, C. S. 2019. Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode *Zero-One*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Das, B. M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1)*. Erlangga. Jakarta
- Dell'isola, A. 1997. *Value Engineering : Practical Application for Design, Constructon, Maintenance and Operation*. RS Means. Amerika
- Dell'isolla, A. 1975. *Value Engineering in The Construction Industry*. Van Nostand Reinhold. New York.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2022. *Pedoman Pelaksanaan Teknis Rekayasa Nilai Nomor 04/P/BM/2022*. Bina Marga. Jakarta
- Hardiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Fondasi 1*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah 1, Edisi Ke-2*. Beta Offset. Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C. 2008. *Teknik Fondasi 2 Edisi Ke-4*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hasan, L. 2021. *Bahan Ajar Fondasi 2*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

- Hendrianto, G. K. 2018. Analisis *Value Engineering* Untuk Efisiensi Biaya (Studi Kasus : Proyek Apartmrmn Yukata Suites Alam Sutera Tangerang). *Tugas Akhir*. (Tidak di Terbitkan). Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Jaya, A. A. I. 2019. Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksa Inspektur Daerah Sleman. *Tesis*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Kuswaya, W. dan Ma'arif, A.M. 2020. Analisis Optimasi Pondasi Dalam pada *Crude Oil Storage Tank* (Studi Proyek Pondok Makmur Pertamina di Bekasi). *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. X No. 1, Desember 2020. Institut Sains dan Teknologi Nasional. Jakarta
- Menteri Pekerjaan Umum. 2007. *Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara Nomor 45/PRT/M/2007*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Miles, L. D. 1966. *The Fundamentals of Value Engineering. Proceeding of the SAVE convention 1996. Washington D. C.*
- Miles, L. D. 1961. *Techniques of Value Engineering*. Lawrence D. Miles *Value Foundation*. USA
- Ngafidin, K. N. M. dkk. (2022). Pemeringkatan Teknisi Menggunakan *Analytical Hierarchy Process* Berbasis Website. *Techno.COM*. Vol.21 No.2:189-200. Purwokerto
- Pamungkas, A. dan Harianti, E. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Andi Offset. Yogyakarta
- Public Building Service U.S. General Service Administration*. 1992. *Value Engineering Program guide for Design and Costruction*. Washington, D.C.
- Putra, H. N. A. 2018. Analisis *Value Engineering* pada Pondasi Jembatan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kali Cengger Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Boyolali Sesi Ampel-Boyolali). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Rahmadi. 2011. *Pengantar Metodologi Penelitian*. Antasari Press. Banjarmasin
- Redana, I Wayan. 2010. *Teknik Pondasi*. Udayana University Press. Denpasar
- Riduwan. 2015. *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Alfa Beta. Bandung
- Rizky, M. D. 2021. Analisis Perbandingan Risiko Biaya Kontrak Lumpsum dan Kontrak *Unite Price* dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Studi Kasus : Kontraktor di Kota Medan). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Medan
- Rumintang, A. 2008. Analisa Rekayasa Nilai Pekerjaan Struktur Gedung Teknik Informatika UPN "Veteran" Jatim. UPN "Veteran" Jawa Timur. Surabaya

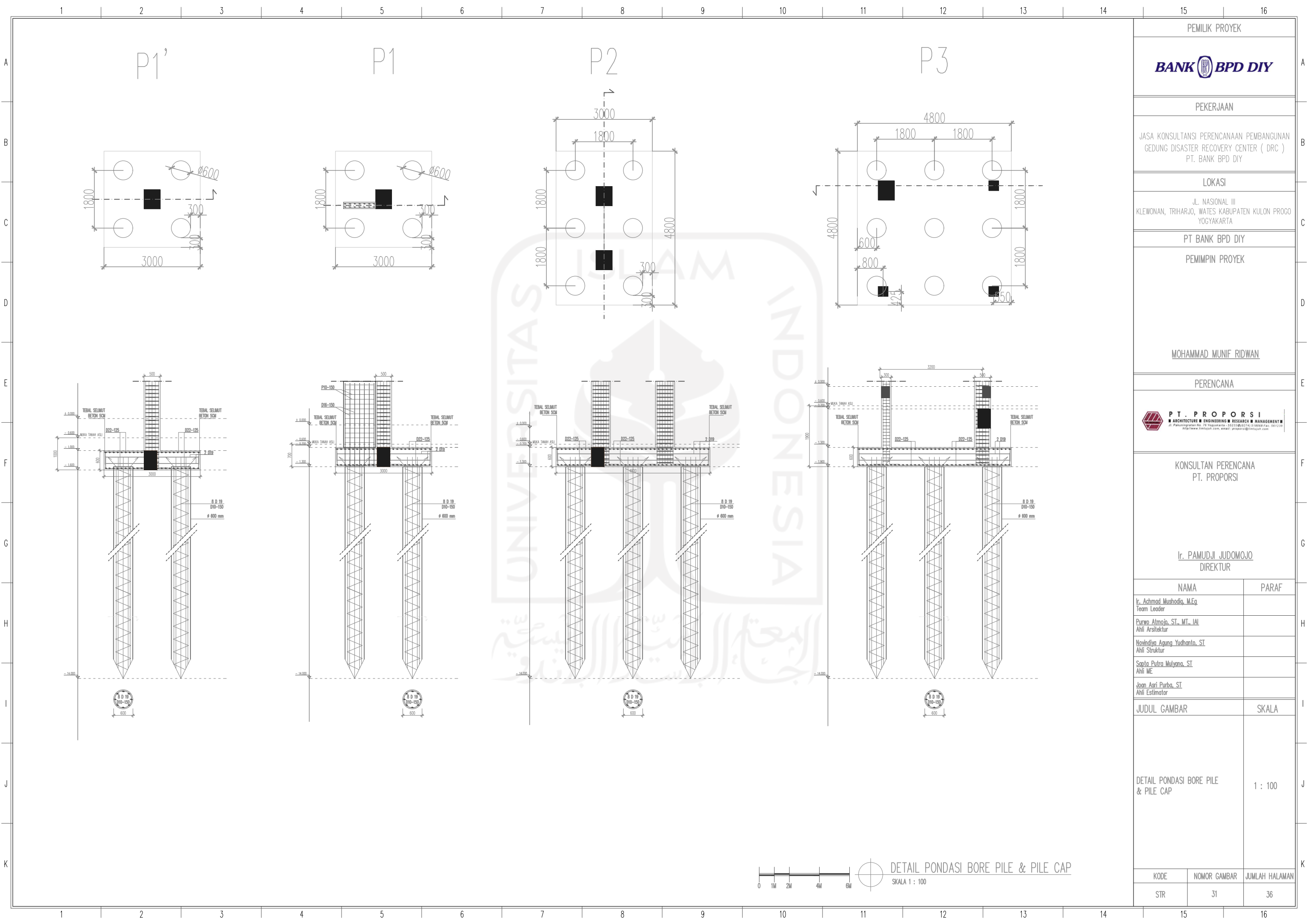
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York.
- Saaty, T. L. 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. PT. Pustaka Binamam Pressindo. Jakarta
- Saputro. I. A. 2021. Laporan Praktik Kerja. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Society of American Value Engineering. 2007. *Value Standart and Body of Knowledge*. Wachington, D.C.
- Soeharto, I. 2001. *Manajemen Proyek Jilid 2 (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Erlangga. Jakarta
- Soebarto, H. W. 2022. Implementasi Konsep *Building Information Modelling (BIM)* Dalam Merencanakan Pengestimasian Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan Struktural. *Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan)*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K. 1980. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Terjemahan oleh L. Taulu dkk. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. SNI 2847. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sulistyantoro, T. N. 2022. Bahan Ajar Manajemen Proyek. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Widiasanti, I. dan Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Remaja Rosdakarya. Bandung
- Zimmerman, L. W. dan Hart, G. D. 1982. *Value engineering: a practical approach for owners, designers, and contractors*. Van Nostrand Reinhold Company. New York



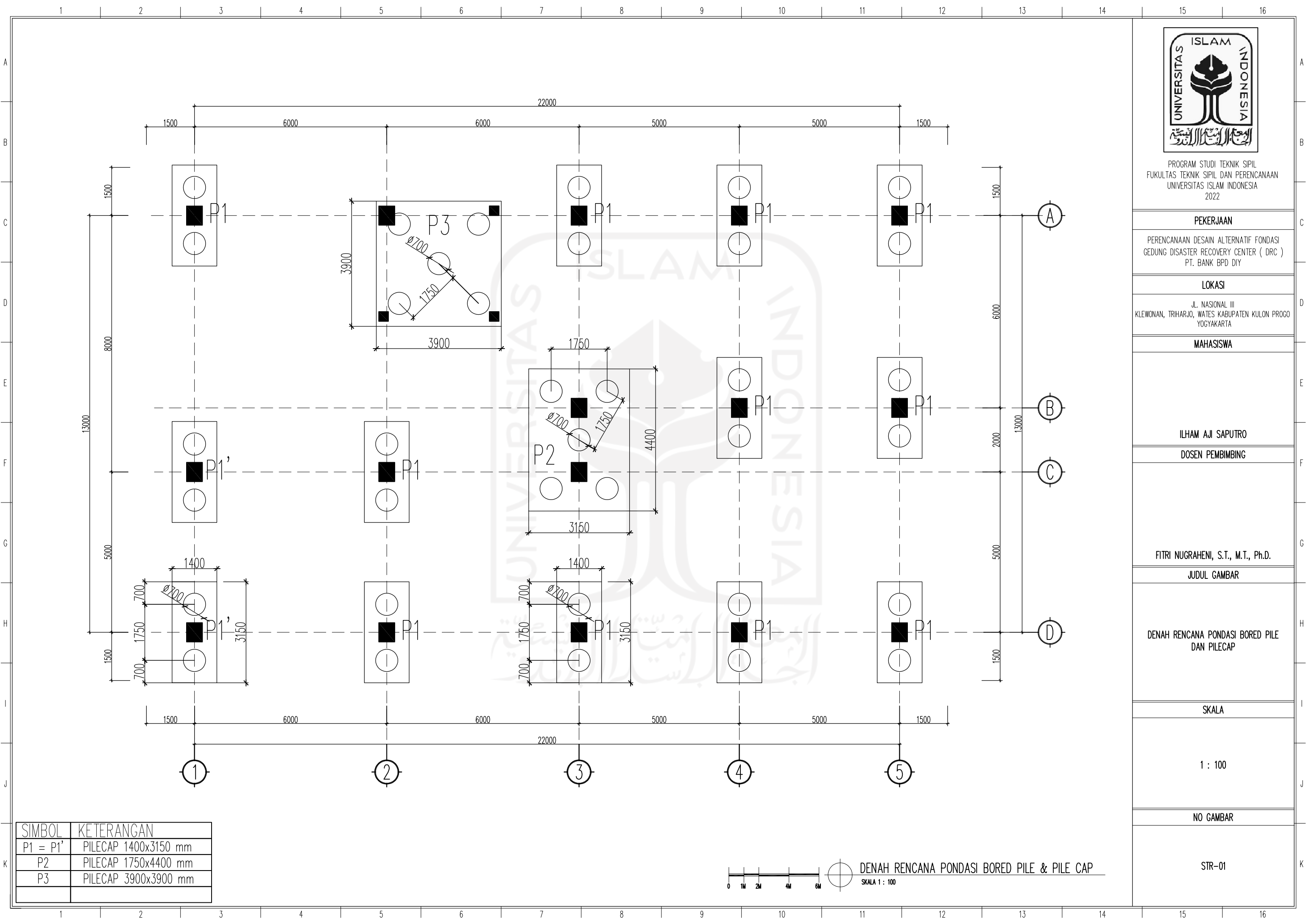
SIMBOL	KETERANGAN
P1 = P1'	PILECAP 3000x3000 mm
P2	PILECAP 3000x4800 mm
P3	PILECAP 4800x4800 mm

DENAH RENCANA PONDASI BORED PILE & PILE CAP
SKALA 1 : 100

PEMILIK PROYEK		
BANK BPD DIY		
PEKERJAAN		
JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY		
LOKASI		
JL. NASIONAL III KLEWONAN, TRIHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA		
PT BANK BPD DIY		
PEMIMPIN PROYEK		
MOHAMMAD MUNIF RIDWAN		
PERENCANA		
PT. PROPORSI ■ ARCHITECTURE ■ ENGINEERING ■ RESEARCH ■ MANAGEMENT ■ Jl. Paksiwongatan No. 12 Yogyakarta 55212 Telp. 0271-860014 Fax. 0271-861239 http://www.timtjaya.com, email : proporsi@timtjaya.com		
KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI		
Ir. PAMUDJI JUDOMOJO DIREKTUR		
NAMA	PARAF	
Ir. Achmad Mushodiq, M.Eg Team Leader		
Purwo Almojo, ST., MT., IAI Ahli Arsitektur		
Nowindya Agung Yudhanto, ST Ahli Struktur		
Sapta Putra Mulyana, ST Ahli ME		
Joan Asri Purba, ST Ahli Estimator		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DENAH RENCANA PONDASI BORED PILE & PILE CAP	1 : 100	
KODE	NOMOR GAMBAR	JUMLAH HALAMAN
STR	01	36



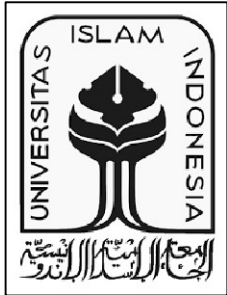
PEMILIK PROYEK		
BANK BPD DIY		
PEKERJAAN		
JASA KONSULTANSI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) PT. BANK BPD DIY		
LOKASI		
JL. NASIONAL III KLEWONAN, TRIHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO YOGYAKARTA		
PT BANK BPD DIY		
PEMIMPIN PROYEK		
MOHAMMAD MUNIF RIDWAN		
PERENCANA		
PT. PROPORSI		
KONSULTAN PERENCANA PT. PROPORSI		
Ir. PAMUDJI JUDOMOJO DIREKTUR		
NAMA	PARAF	
Ir. Achmad Mushodiq, M.Eg Team Leader		
Purwo Almojo, ST., MT., IAI Ahli Arsitektur		
Novindya Agung Yudhanto, ST Ahli Struktur		
Sapta Putra Mulyana, ST Ahli ME		
Joan Asri Purba, ST Ahli Estimator		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DETAIL PONDASI BORE PILE & PILE CAP	1 : 100	
KODE	NOMOR GAMBAR	JUMLAH HALAMAN
STR	31	36



SIMBOL	KETERANGAN
P1 = P1'	PILECAP 1400x3150 mm
P2	PILECAP 1750x4400 mm
P3	PILECAP 3900x3900 mm



DENAH RENCANA PONDASI BORED PILE & PILE CAP
SKALA 1 : 100



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FUKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN

PERENCANAAN DESAIN ALTERNATIF FONDASI
GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
PT. BANK BPD DIY

LOKASI

JL. NASIONAL III
KLEWONAN, TRIHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
YOGYAKARTA

MAHASISWA

ILHAM AJI SAPUTRO

DOSEN PEMBIMBING

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

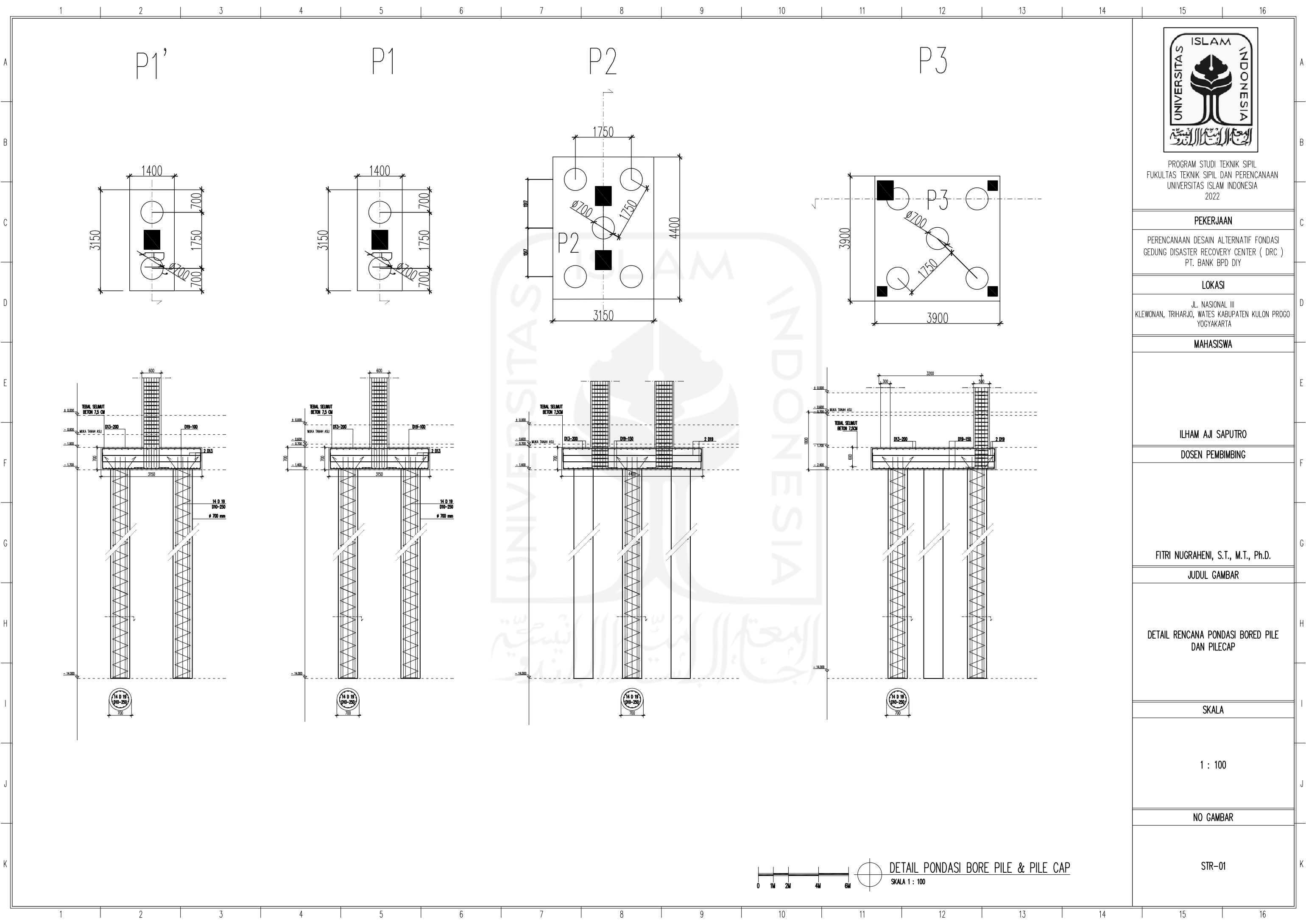
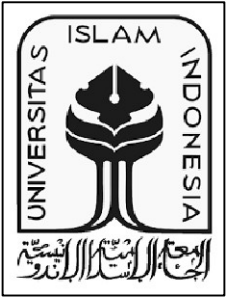
DENAH RENCANA PONDASI BORED PILE
DAN PILECAP

SKALA

1 : 100

NO GAMBAR

STR-01



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FUKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PEKERJAAN
PERENCANAAN DESAIN ALTERNATIF FONDASI
GEDUNG DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)
PT. BANK BPD DIY

LOKASI
JL. NASIONAL III
KLEWONAN, TRIHARJO, WATES KABUPATEN KULON PROGO
YOGYAKARTA

MAHASISWA

ILHAM AJI SAPUTRO

DOSEN PEMBIMBING

FITRI NUGRAHENI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

DETAIL RENCANA PONDASI BORED PILE
DAN PILECAP

SKALA

1 : 100

NO GAMBAR

STR-01

KUESIONER TUGAS AKHIR

**PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* PADA
PEKERJAAN FONDASI GEDUNG (STUDI KASUS
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG *DRC* PT BANK
BPD DIY)**



**Ilham Aji Saputro
18511101**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

DATA RESPONDEN

Nama : Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.
Pekerjaan : Dosen Akademisi.....
Instansi : Universitas Islam Indonesia.....
Pengalam kerja : 15 Tahun
Pendidikan : S-2.....

Responden,

Hanindya Kusuma Artanti, S.T., M.T.

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua.	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j , maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i .	

3. Daftar Kriteria

No	Kriteria	Keterangan
1.	Biaya awal	Mahal atau murah nya biaya pelaksanaan
2.	Daya dukung	Besar kecilnya daya dukung
3.	Waktu	Cepat atau lamanya durasi pelaksanaan pekerjaan
4.	Kemungkinan dilaksanakan	Mungkin atau tidaknya alternatif fondasi untuk dapat dikerjakan berdasarkan kondisi setempat
5.	Tingkat kesulitan	Sulit atau tidaknya pelaksanaan pekerjaan
6.	Sarana kerja (Alat)	Mudah atau sulitnya mendapatkan sarana kerja (alat)

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh:

Kriteria	A	B	C	D	E
A					
B	1				
C	4	9			
D	1/5	5	2		
E	4	1/7	6	7	

FORM PENILAIAN PERBANDINGAN BERPASANGAN

Penghematan Biaya	Biaya Awal	Daya Dukung	Waktu	Kemungkinan dilaksanakan	Tingkat kesulitan	Sarana Kerja
Biaya Awal						
Daya Dukung	9					
Waktu	3	1/9				
Kemungkinan Dilaksanakan	7	1/2	1			
Tingkat Kesulitan	5	1/8	1	1		
Sarana Kerja	7	1/9	1	1/3	1	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif desain fondasi yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh

Alternatif	Biaya Awal									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Mahal	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Murah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

3. Matrik penilaian

Mahal	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Murah
-------	----	----	----	----	---	---	---	---	-------

4. Daftar alternatif desain fondasi

Alternatif	Jenis Fondasi	Material	Bentuk
1.	<i>Bored pile</i>	Beton bertulang	Silinder pejal
2.	<i>Spun pile</i>	Beton bertulang	Silinder berongga
3.	<i>Spun pile</i>	Beton bertulang	Silinder pejal
4.	<i>Spun pile</i>	Baja	Silinder berongga
5.	<i>Spun pile</i>	Beton bertulang	Persegi pejal
6.	<i>Cyclop</i>	Beton bertulang	Silinder

FORM PENILAIAN KEUNTUNGAN KERUGIAN

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya Awal

Alternatif	Biaya Awal									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Mahal	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Murah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : Cyclop Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Daya Dukung

Alternatif	Daya Dukung									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Kecil	-4	-3	-2	-1	1	2	3	④	Besar
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	③	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	①	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	③	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④	-3	-2	-1	1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Waktu

Alternatif	Waktu									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Lama	-4	-3	-2	(-1)	1	2	3	4	Singkat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : Cyclop Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	(-3)	-2	-1	1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Kemungkinan Dilaksanakan

Alternatif	Kemungkinan Dilaksanakan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Tidak Mungkin/ Dapat Dilaksa- nakan	-4	-3	-2	-1	1	2	3	④	Mungkin/ Dapat Dilaksa- nakan
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	①	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	①	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : Cyclop Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	③	-2	-1	1	2	3	4	

5. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Tingkat Kesulitan

Alternatif	Tingkat Kesulitan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit	-4	-3	-2	-1	①	2	3	4	Mudah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④	-3	-2	-1	1	2	3	4	

6. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sarana dan Prasarana (Alat)

Alternatif	Sarana dan Prasarana (Alat)									
	Kerugian				Keuntungan					
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit didapatkan	-4	-3	-2	-1	①	2	3	4	Tersedia/ mudah didapat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : Cyclop Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

C. KRITIK DAN SARAN

1. Menurut Bapak/Ibu kriteria apakah yang mungkin dapat dijadikan parameter dalam memilih desain fondasi selain kriteria yang sudah disebutkan diatas?

Maintenance

2. Menurut Bapak/Ibu alternatif desain fondasi apa yang dapat digunakan/direkomendasikan selain alternatif fondasi yang sudah disebutkan diatas?

Borepile

DATA RESPONDEN

Nama : M. RIFQI - A.
Pekerjaan : DOSEN
Instansi : UII
Pengalam kerja : 10 Tahun
Pendidikan : S2

Responden,


(M RIFQI - A)

FORM PENILAIAN PERBANDINGAN BERPASANGAN

→ kedua,

↓
pertama

Penghematan Biaya	Biaya Awal	Daya Dukung	Waktu	Kemungkinan dilaksanakan	Tingkat kesulitan	Sarana Kerja
Biaya Awal						
Daya Dukung	$\frac{1}{3}$ 3					
Waktu	1	$\frac{1}{5}$				
Kemungkinan Dilaksanakan	3	1	3			
Tingkat Kesulitan	1	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{5}$		
Sarana Kerja	1	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{5}$ 2	3	

✓

FORM PENILAIAN KEUNTUNGAN KERUGIAN

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya Awal

Alternatif	Biaya Awal									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Mahal	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Murah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Daya Dukung

Alternatif	Daya Dukung									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Kecil	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Besar
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga						1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal						1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga						1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal						1	2	3	4	
Jenis : Cyclop Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal						1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Waktu

Alternatif	Waktu									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Lama	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Singkat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : Cyclop Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Kemungkinan Dilaksanakan

Alternatif	Kemungkinan Dilaksanakan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Tidak Dapat Dilaksa- nakan	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Mungkin/ Dapat Dilaksa- nakan
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

5. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Tingkat Kesulitan

Alternatif	Tingkat Kesulitan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Mudah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : Cyclop Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

6. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sarana dan Prasarana (Alat)

Alternatif	Sarana dan Prasarana (Alat)									
	Kerugian				Keuntungan					
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit didapatkan	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Tersedia/ mudah didapat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : Cyclop Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

C. KRITIK DAN SARAN

1. Menurut Bapak/Ibu kriteria apakah yang mungkin dapat dijadikan parameter dalam memilih desain fondasi selain kriteria yang sudah disebutkan diatas?

- Bangunan Lingkungan
- Level muka air tanah
- kondisi potensi setekren tanah

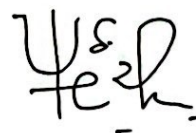
2. Menurut Bapak/Ibu alternatif desain fondasi apa yang dapat digunakan/direkomendasikan selain alternatif fondasi yang sudah disebutkan diatas?

Alternatif yg ada diuraikan sdh cukup lengkap & memadai, jika melihat kondisi bangunan yg ada.

DATA RESPONDEN

Nama : Yesri Elrian, S.T.
Pekerjaan : Praktisi
Instansi : Jelajah Engineering Consultant
Pengalam kerja : 20 Tahun
Pendidikan : S-1

Responden,



Yesri Elrian, S.T.

FORM PENILAIAN PERBANDINGAN BERPASANGAN

Penghematan Biaya	Biaya Awal	Daya Dukung	Waktu	Kemungkinan dilaksanakan	Tingkat kesulitan	Sarana Kerja
Biaya Awal						
Daya Dukung	9					
Waktu	1.	$\frac{1}{5}$				
Kemungkinan Dilaksanakan	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{5}$			
Tingkat Kesulitan	5 3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$ $\frac{1}{2}$	3		
Sarana Kerja	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3}$	3	$\frac{1}{3}$	

FORM PENILAIAN KEUNTUNGAN KERUGIAN

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya Awal

Alternatif	Biaya Awal									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Mahal	-4	-3	-2	-1	1	2	③	4	Murah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	①	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	②	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	①	2	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	④	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Daya Dukung

Alternatif	Daya Dukung									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Kecil	-4	(-3)	-2	-1	1	(X)	3	4	Besar
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	(1)	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	(-1)	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	(-3)	-2	-1	1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Waktu

Alternatif	Waktu									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Lama	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	Singkat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	
Jenis : Cyclop Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Kemungkinan Dilaksanakan

Alternatif	Kemungkinan Dilaksanakan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Tidak Dapat Dilaksa- nakan	-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	Mungkin/ Dapat Dilaksa- nakan
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	(-1)	1	(-2)	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	(3)	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	(1)	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	(2)	(3)	4	
Jenis : Cyclop Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	(-2)	-1	1	2	3	4	

5. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Tingkat Kesulitan

Alternatif	Tingkat Kesulitan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit	-4	-3	-2	(-1)	1	2	3	4	Mudah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	(1)	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	(1)	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	(3)	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	(-1)	1	2	3	4	

6. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sarana dan Prasarana (Alat)

Alternatif	Sarana dan Prasarana (Alat)									
	Kerugian				Keuntungan					
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit didapatkan	-4	(-3)	-2	-1	1	2	3	4	Tersedia/ mudah didapat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	(-1)	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	(3)	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	(1)	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	(3)	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	(2)	3	4	

C. KRITIK DAN SARAN

1. Menurut Bapak/Ibu kriteria apakah yang mungkin dapat dijadikan parameter dalam memilih desain fondasi selain kriteria yang sudah disebutkan diatas?

Kriteria utama adalah daya dukung tanah,
.....
Selain itu adalah ketersediaan material pondasi
.....
di pesisir. .
.....

2. Menurut Bapak/Ibu alternatif desain fondasi apa yang dapat digunakan/direkomendasikan selain alternatif fondasi yang sudah disebutkan diatas?

pondasi menurut sisten tie beam
.....
.....
.....

DATA RESPONDEN

Nama : Ari Chandra Wijaya S.T
Pekerjaan : Praktisi
Instansi : PT Muara Mitra Mandiri
Pengalam kerja : 9 Tahun
Pendidikan : S-1.....

Responden,



Ari Chandra Wijaya S.T.

FORM PENILAIAN PERBANDINGAN BERPASANGAN

Penghematan Biaya	Biaya Awal	Daya Dukung	Waktu	Kemungkinan dilaksanakan	Tingkat kesulitan	Sarana Kerja
Biaya Awal						
Daya Dukung	3					
Waktu	1/3	1/6				
Kemungkinan Dilaksanakan	4	1/5	2			
Tingkat Kesulitan	2	1/3	4	3		
Sarana Kerja	1/4	1/9	1/3	1/4	1/7	

FORM PENILAIAN KEUNTUNGAN KERUGIAN

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya Awal

Alternatif	Biaya Awal									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Mahal	-4	-3	-2	⓪	1	2	3	4	Murah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	⓪	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	⓪	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	⓪	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	⓪	4	
Jenis : Cyclop Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	2	3	⓪	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Daya Dukung

Alternatif	Daya Dukung									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Kecil	-4	-3	-2	-1	1	2	3	④	Besar
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	①-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	①-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	①-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	①-1	1	2	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Waktu

Alternatif	Waktu									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Lama	-4	③	-2	-1	1	2	3	4	Singkat
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Cyclop</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④	-3	-2	-1	1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Kemungkinan Dilaksanakan

Alternatif	Kemungkinan Dilaksanakan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Tidak Mungkin/ Dapat Dilaksa- nakan	-4	-3	-2	-1	1	2	3	④	Mungkin/ Dapat Dilaksa- nakan
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	②	3	4	
Jenis : Cyclop Matrrial : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④	-3	-2	-1	1	2	3	4	

5. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Tingkat Kesulitan

Alternatif	Tingkat Kesulitan									
Jenis : <i>Bored Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal	Sulit	-4	-3	-2	①-1	1	2	3	4	Mudah
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		-4	-3	-2	-1	1	②2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Baja Bentuk : Silinder berongga		-4	-3	-2	-1	1	②2	3	4	
Jenis : <i>Spun Pile</i> Material : Beton bertulang Bentuk : Persegi pejal		-4	-3	-2	-1	1	②2	3	4	
Jenis : Cyclop Material : Beton bertulang Bentuk : Silinder Pejal		④-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	

C. KRITIK DAN SARAN

1. Menurut Bapak/Ibu kriteria apakah yang mungkin dapat dijadikan parameter dalam memilih desain fondasi selain kriteria yang sudah disebutkan diatas?

Lingkungan sekitar, Ketersediaan material, Hasil mutu pekerjaan

2. Menurut Bapak/Ibu alternatif desain fondasi apa yang dapat digunakan/direkomendasikan selain alternatif fondasi yang sudah disebutkan diatas?

Tidak ada, dikarenakan berdasarkan hasil sondir ditemukan

Adapun Hasil Sondir seperti **Tabel 2.1** berikut ini:

SOUNDING TEST RESULT

Proyek : Gedung DRC BPD Wates
 Lokasi : Klewonan, Triharjo, Wates
 Test No. : Titik-1
 Ground Level : tanah setempat
 Ground Water Level : -4.00 m

Depth	CR	CR+LF	LF	TF	Total
(m)	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm	kgf/cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0	0	0	0	0	0
0.2	0	0	0	0	0
0.4	4	9	0.5	10	10
0.6	8	15	0.7	14	24
0.8	10	16	0.6	12	36
1	7	11	0.4	8	44
1.2	8	16	0.8	16	60
1.4	12	25	1.3	26	86
1.6	16	27	1.1	22	108
1.8	15	26	1.1	22	130
2	11	22	1.1	22	152
2.2	10	22	1.2	24	176
2.4	14	28	1.4	28	204
2.6	12	27	1.5	30	234
2.8	11	20	0.9	18	252
3	10	19	0.9	18	270
3.2	11	24	1.3	26	296
3.4	12	26	1.4	28	324
3.6	13	20	0.7	14	338
3.8	14	22	0.8	16	354
4	8	21	1.3	26	380
4.2	9	18	0.9	18	398
4.4	18	32	1.4	28	426
4.6	17	29	1.2	24	450
4.8	15	31	1.6	32	482
5	10	22	1.2	24	506
5.2	18	33	1.5	30	536
5.4	12	24	1.2	24	560
5.6	10	22	1.2	24	584
5.8	9	17	0.8	16	600
6	8	19	1.1	22	622

6.2	16	33	1.7	34	656
6.4	7	16	0.9	18	674
6.6	13	24	1.1	22	696
6.8	12	27	1.5	30	726
7	15	30	1.5	30	756
7.2	18	32	1.4	28	784
7.4	12	26	1.4	28	812
7.6	7	18	1.1	22	834
7.8	10	20	1	20	854
8	8	18	1	20	874
8.2	5	16	1.1	22	896
8.4	8	16	0.8	16	912
8.6	5	14	0.9	18	930
8.8	7	15	0.8	16	946
9	12	28	1.6	32	978
9.2	52	60	0.8	16	994
9.4	50	61	1.1	22	1016
9.6	41	52	1.1	22	1038
9.8	32	46	1.4	28	1066
10	47	56	0.9	18	1084
10.2	40	53	1.3	26	1110
10.4	42	50	0.8	16	1126
10.6	40	49	0.9	18	1144
10.8	51	62	1.1	22	1166
11	40	55	1.5	30	1196
11.2	32	46	1.4	28	1224
11.4	30	43	1.3	26	1250
11.6	32	46	1.4	28	1278
11.8	23	46	2.3	46	1324
12	11	24	1.3	26	1350
12.2	12	27	1.5	30	1380
12.4	14	28	1.4	28	1408
12.6	11	26	1.5	30	1438
12.8	20	35	1.5	30	1468
13	17	28	1.1	22	1490
13.2	19	34	1.5	30	1520
13.4	22	36	1.4	28	1548
13.6	20	34	1.4	28	1576
13.8	29	37	0.8	16	1592
14	32	50	1.8	36	1628
14.2	28	35	0.7	14	1642
14.4	30	40	1	20	1662
14.6	34	42	0.8	16	1678
14.8	31	43	1.2	24	1702
15	30	39	0.9	18	1720

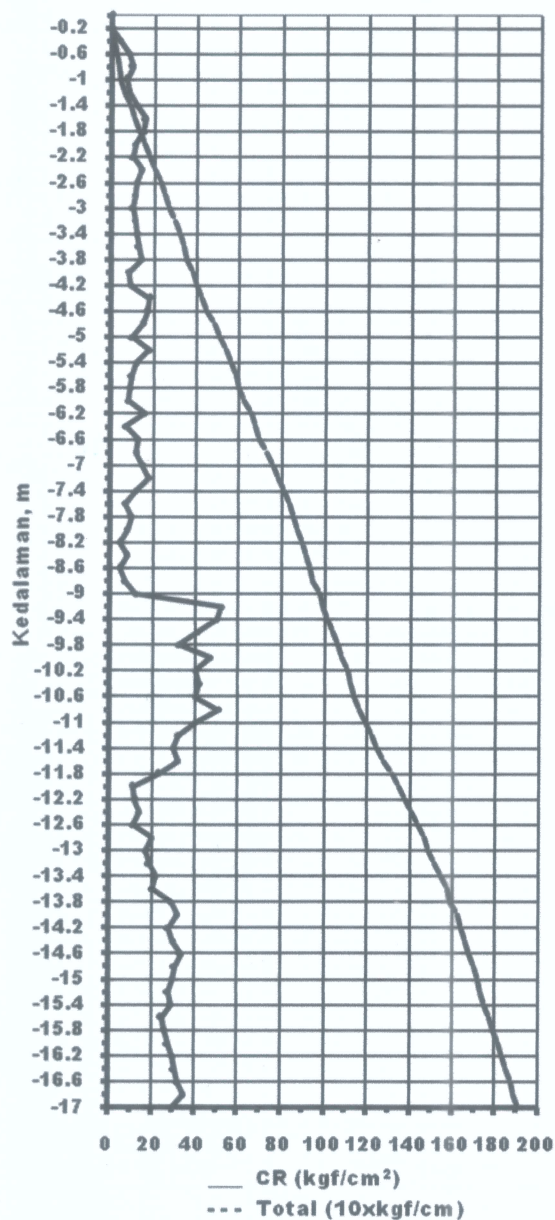
15.2	28	36	0.8	16	1736
15.4	29	38	0.9	18	1754
15.6	25	36	1.1	22	1776
15.8	26	36	1	20	1796
16	28	38	1	20	1816
16.2	30	41	1.1	22	1838
16.4	31	40	0.9	18	1856
16.6	32	42	1	20	1876
16.8	35	43	0.8	16	1892
17	30	41	1.1	22	1914

SOUNDING TEST RESULT

Proyek : Gedung DRC BPD Wates
 Lokasi : Klewonan, Triharjo, Wates
 Test No. : Titik-1
 Ground Level : tanah setempat
 Ground Water Level : -4.00 m

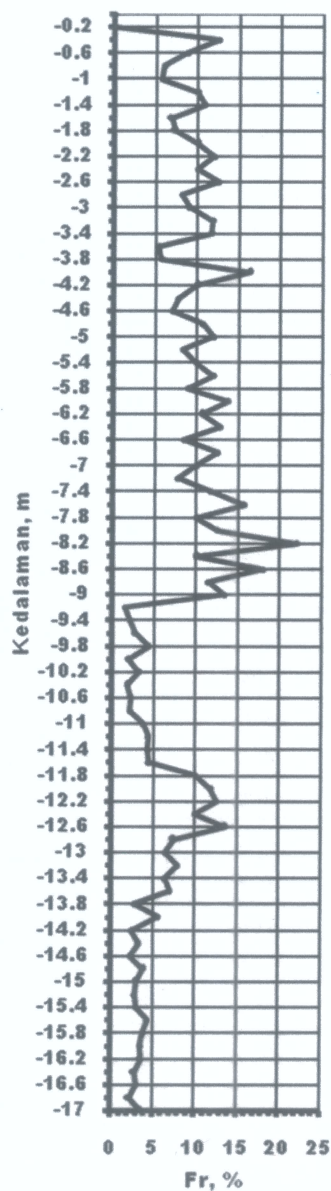
GRAFIK SONDIR

TITIK-1



GRAFIK Fr

TITIK-1



SOUNDING TEST RESULT

Proyek : Gedung DRC BPD Wates
 Lokasi : Klewonan, Triharjo, Wates
 Test No. : Titik -2
 Ground Level : tanah setempat
 Ground Water Level : -4.00 m

Depth	CR	CR+LF	LF	TF	Total
(m)	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm	kgf/cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0	0	0	0	0	0
0.2	0	0	0	0	0
0.4	5	12	0.7	14	14
0.6	9	21	1.2	24	38
0.8	10	17	0.7	14	52
1	5	14	0.9	18	70
1.2	6	15	0.9	18	88
1.4	14	27	1.3	26	114
1.6	15	25	1	20	134
1.8	14	26	1.2	24	158
2	10	22	1.2	24	182
2.2	9	15	0.6	12	194
2.4	10	20	1	20	214
2.6	16	28	1.2	24	238
2.8	24	36	1.2	24	262
3	8	19	1.1	22	284
3.2	7	16	0.9	18	302
3.4	16	34	1.8	36	338
3.6	15	30	1.5	30	368
3.8	11	26	1.5	30	398
4	10	25	1.5	30	428
4.2	7	20	1.3	26	454
4.4	8	19	1.1	22	476
4.6	13	26	1.3	26	502
4.8	16	30	1.4	28	530
5	9	19	1	20	550
5.2	12	27	1.5	30	580
5.4	9	20	1.1	22	602
5.6	14	30	1.6	32	634
5.8	10	30	2	40	674
6	12	22	1	20	694
6.2	19	35	1.6	32	726
6.4	8	19	1.1	22	748

6.6	16	30	1.4	28	776
6.8	13	25	1.2	24	800
7	14	28	1.4	28	828
7.2	15	32	1.7	34	862
7.4	15	29	1.4	28	890
7.6	8	17	0.9	18	908
7.8	12	26	1.4	28	936
8	9	19	1	20	956
8.2	7	14	0.7	14	970
8.4	5	13	0.8	16	986
8.6	9	17	0.8	16	1002
8.8	8	17	0.9	18	1020
9	16	30	1.4	28	1048
9.2	32	51	1.9	38	1086
9.4	34	50	1.6	32	1118
9.6	42	55	1.3	26	1144
9.8	30	41	1.1	22	1166
10	35	49	1.4	28	1194
10.2	36	44	0.8	16	1210
10.4	34	48	1.4	28	1238
10.6	38	49	1.1	22	1260
10.8	47	59	1.2	24	1284
11	42	54	1.2	24	1308
11.2	20	31	1.1	22	1330
11.4	21	34	1.3	26	1356
11.6	23	36	1.3	26	1382
11.8	17	25	0.8	16	1398
12	12	28	1.6	32	1430
12.2	14	24	1	20	1450
12.4	10	22	1.2	24	1474
12.6	11	24	1.3	26	1500
12.8	13	30	1.7	34	1534
13	15	29	1.4	28	1562
13.2	16	27	1.1	22	1584
13.4	23	36	1.3	26	1610
13.6	27	40	1.3	26	1636
13.8	34	48	1.4	28	1664
14	39	46	0.7	14	1678
14.2	35	42	0.7	14	1692
14.4	40	51	1.1	22	1714
14.6	35	44	0.9	18	1732
14.8	32	43	1.1	22	1754
15	28	40	1.2	24	1778
15.2	29	40	1.1	22	1800
15.4	35	42	0.7	14	1814

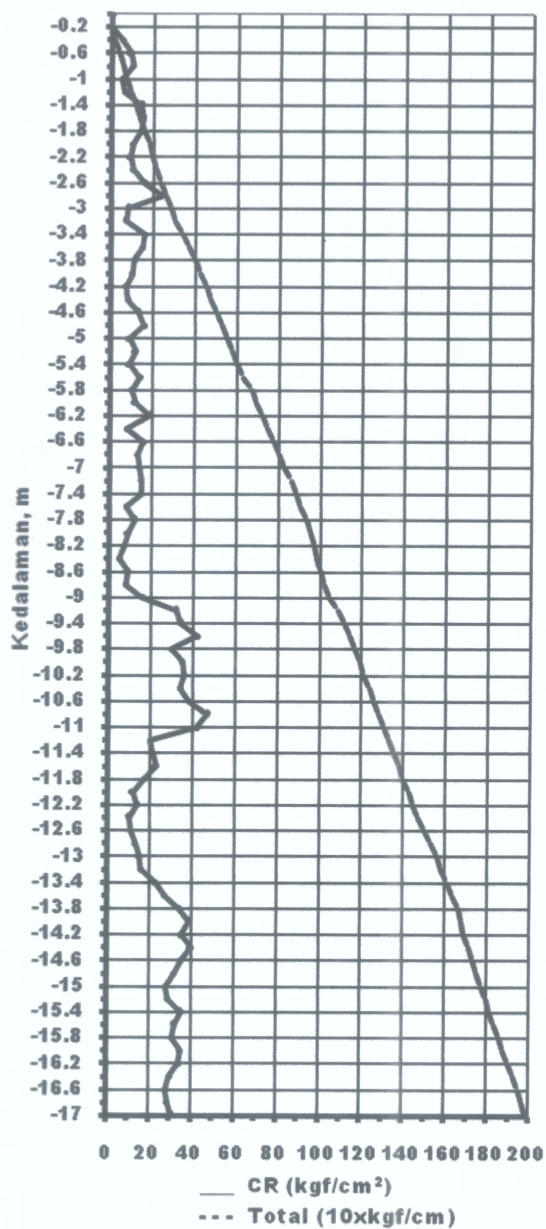
15.6	32	43	1.1	22	1836
15.8	31	43	1.2	24	1860
16	35	46	1.1	22	1882
16.2	34	44	1	20	1902
16.4	30	42	1.2	24	1926
16.6	28	40	1.2	24	1950
16.8	29	40	1.1	22	1972
17	31	40	0.9	18	1990

SOUNDING TEST RESULT

Proyek : Gedung DRC BPD Wates
 Lokasi : Klewonan, Triharjo, Wates
 Test No. : Titik -2
 Ground Level : tanah setempat
 Ground Water Level : -4.00 m

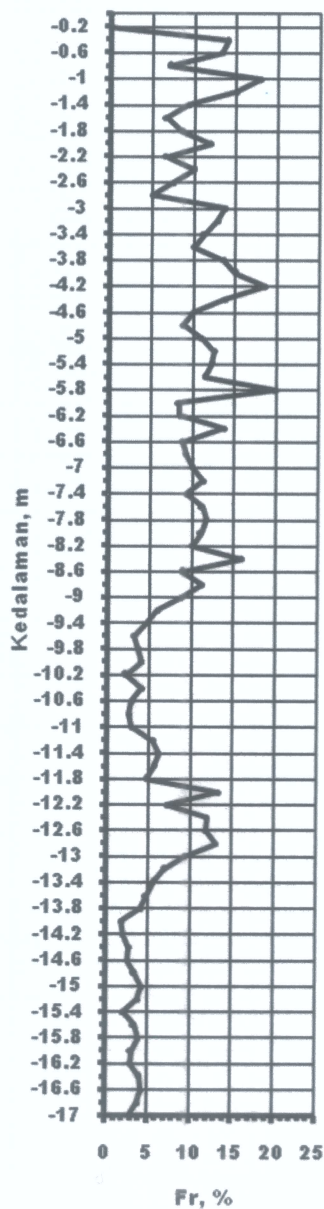
GRAFIK SONDIR

TITIK-2



GRAFIK Fr

TITIK-2



Adapun resume daya dukung tanah seperti Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Resume daya dukung ijin tanah per kedalaman

Depth (m)	q_{cr} Ttk-1 kg/cm ²	Kuat Ijin, q_a Kg/cm ²	q_{cr} Ttk-2 kg/cm ²	Kuat Ijin, q_a Kg/cm ²
0.00 – 0.40	4	0.1	5	0.2
0.40 – 0.80	8	0.3	9	0.3
0.80 – 1.20	7	0.2	5	0.2
1.20 – 1.60	12	0.4	14	0.5
1.60 – 2.00	11	0.4	10	0.3
2.00 – 2.40	10	0.3	9	0.3
2.40 – 2.80	11	0.4	16	0.5
2.80 – 3.20	10	0.3	7	0.2
3.20 – 3.60	12	0.4	15	0.5
3.60 – 4.00	8	0.3	11	0.4
4.00 – 4.40	9	0.3	7	0.2
4.40 – 4.80	15	0.5	13	0.4
4.80 – 5.20	10	0.3	9	0.3
5.20 – 5.60	10	0.3	9	0.3
5.60 – 6.00	8	0.3	10	0.3
6.00 – 6.40	7	0.2	8	0.3
6.40 – 6.80	12	0.4	13	0.4
6.80 – 7.20	15	0.5	14	0.5
7.20 – 7.60	7	0.2	8	0.3
7.60 – 8.00	8	0.3	9	0.3
8.00 – 8.40	5	0.2	5	0.2
8.40 – 8.80	5	0.2	8	0.3
8.40 – 9.20	12	0.4	16	0.5
9.20 – 9.60	41	1.4	34	1.1
9.60 – 10.00	32	1.1	30	1.0
10.00 – 10.40	40	1.3	34	1.1
10.40 – 10.80	40	1.3	38	1.3

10.80 – 11.20	32	1.1	20	0.7
11.20 – 11.60	30	1.0	21	0.7
11.60 – 12.00	11	0.4	12	0.4
12.00 – 12.40	12	0.4	10	0.3
12.40 – 12.80	11	0.4	11	0.4
12.80 – 13.20	17	0.6	15	0.5
13.20 – 13.60	20	0.7	23	0.8
13.60 – 14.00	29	1.0	34	1.1
14.00 – 14.40	28	0.9	35	1.2
14.40 – 14.80	31	1.0	32	1.1
14.80 – 15.20	28	0.9	28	0.9
15.20 – 15.60	25	0.8	32	1.1
15.60 – 16.00	26	0.8	31	1.0
16.00 – 16.40	30	1.0	30	1.0
16.40 – 16.80	32	1.1	28	0.9
16.80 – 17.20	30	1.0	31	1.0

Catatan:

q_c = nilai konis

q_a = kuat dukung tanah (point bearing)

Hambatan lekat lokal tidak dimasukkan

2.2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan data pengeboran

Hasil pengeboran secara visual disajikan seperti Tabel-tabel di bawah ini:

Tabel 2.2.2.1 Jenis tanah secara visual titik bor BH-01

Kedalaman	Secara Visual
0.00 – 4.00	Lempung warna coklat

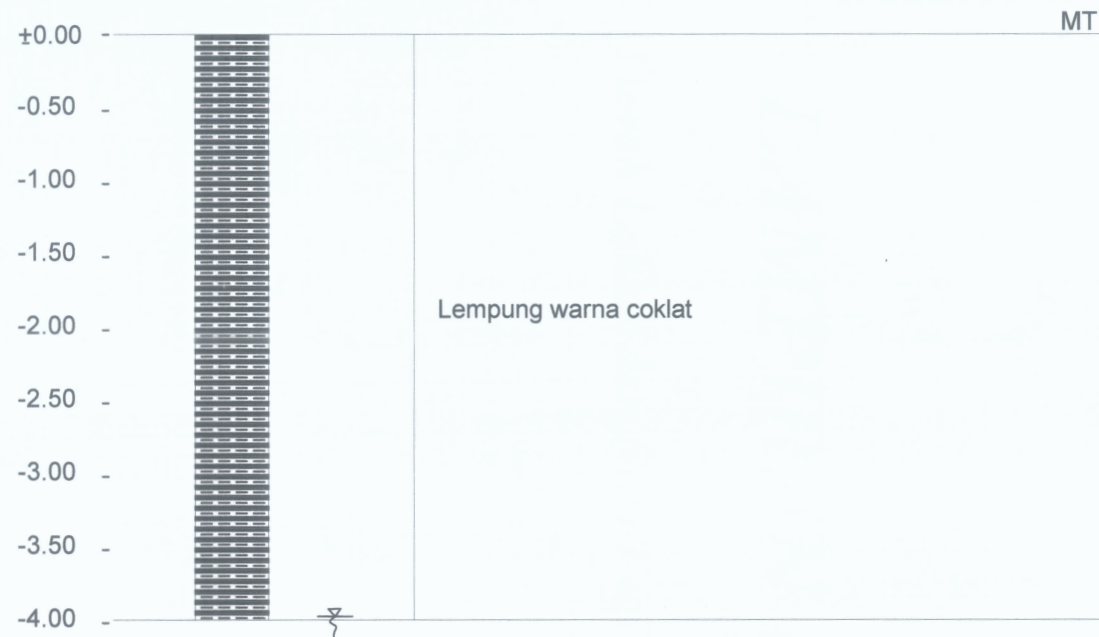
III. KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian sondir dan pengeboran, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Letak tanah keras maksimum sampai pada kedalaman -17.00 meter belum diketemukan.
2. Dapat dipergunakan alternatif fondasi Bore Pile atau Tiang Pancang.

IV. PENUTUP

Apabila dalam pelaksanaan pekerjaan, dijumpai hal-hal yang menyimpang, meragukan, atau tak terduga maka perlu diadakan penyesuaian dengan keadaan tersebut. Kami, bersedia membantu lebih lanjut.



Keterangan :

-  Sample
-  Muka Air Tanah



CV. SANDY SOILINDO
SOIL TEST, INVESTIGASI GEOTEKNIK

Perum Sidoarum V, Jl. Gelatik P-65 Jogjakarta 55564
Telp. (0274) 798553 Facsimile: (0274) 798553; HP: 08122737465

DRAWING TITLE

BORING LOG BH-01

PROJECT

Gedung DRC BPD Wates

LOCATION

**Klewonan, Trharjo,
Wates, Kulon Progo**

DATE

/05/2020

SCALE

DRAWN BY

Hendri

APPROVED BY

NAZIR AKHMAD, ST

PRICELIST HARGA JASA PEMBUATAN**PEKERJAAN BORE PILE 2022**

No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Mob demob & loading peralatan Pekerjaan Persiapan operator, helper, mekanik & tenaga ahli @ $\pm$ 3 – 4 orang (per 1 unit Alat Bore Pile)	Tergantung Kontrak Kebutuhan alat bore pile	Per Unit Ls	Min Rp 15.000.000,- / Tergantung jarak dari basecamp ke lokasi pekerjaan	
<u>DIBAYAR LUNAS SETELAH KELUAR SPK / KONTRAK KERJA (1+2)</u>					Total Harga (Rp)
3	<u>Pembuatan Pondasi Bore Pile</u> <u>(pengeboran, rangkai besi dengan material besi disiapkan maincont sesuai gbr struktur & pengecoran / tuang cor readymix/ sidemix yang sudah di dekatkan ke torong tremi) Pembuatan campuran sidemix : dilaksanakan / dilakukan oleh pemberi tugas / maincont sesuai dengan formula jobmix desain serta didekatkan ke torong tremi</u>				
	[KONDISI TANAH]	MUDAH & NORMAL	PENGECORAN	READYMIX	
	<u>Memakai Bahan Bakar DEXLITE</u>				
1	$\varnothing$ 30 cm ~ 300 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	[sesuai gambar perencanaan pdf]	m'	Rp 180.000,- /m	
2	$\varnothing$ 40 cm ~ 400 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 215.000,- /m	
3	$\varnothing$ 50 cm ~ 500 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 235.000,- /m	
4	$\varnothing$ 60 cm ~ 600 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 265.000,- /m	
5	$\varnothing$ 70 cm ~ 700 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 290.000,- /m	
6	$\varnothing$ 80 cm ~ 800 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 350.000,- /m	
7	$\varnothing$ 90 cm ~ 900 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 500.000,- /m	
8	$\varnothing$ 100 cm ~ 1000 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 600.000,- /m	
9	$\varnothing$ 110 cm ~ 1100 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 700.000,- /m	
10	$\varnothing$ 120 cm ~ 1200 mm, jumlah sesuai lapangan titik @ sesuai lapangan	Idem dengan diatas	m'	Rp 750.000,- /m	
<u>Tanpa fabrikasi pembesian (- Rp 10.000)</u>					
4	Charge Minimum Jasa Pengeboran, apabila total volume pengeboran di lapangan hanya dilaksanakan $\leq$ 300 meter jika melebihi maka tidak dikenakan charge minimum jasa pengeboran	Min 300 m (Bila volume tidak lebih dari 300 m)	300 m'	Sesuai Kontrak / Perjanjian negosiasi	
<u>TOTAL HARGA JASA PEMBUATAN PONDASI BORE PILE (1 + 2 + 4)</u>					Total Harga (Rp)
5	Brak / bedeng di lokasi proyek untuk rehat, menginap & Tempat Mck @ $\pm$ 3 – 4 orang (per 1 unit Alat Bore Pile)	<u>Dari pihak pemberi tugas/ Maincont</u>			
6	Keamanan 1 (Satu) perlengkapan peralatan bore pile di Proyek	<u>Dari pihak pemberi tugas/ Maincont</u>			
7	Air / pembuatan sumur bor, Listrik Kerja & Penerangan Kerja Untuk Lembur	<u>Dari pihak pemberi tugas/ Maincont</u>			

***Harga sewaktu – waktu bisa berubah karena menyesuaikan dengan peraturan pemerintah, harga kenaikan BBM, & Inflasi serta hasil negosiasi**

*** Idle time alat & tenaga kerja $\pm$ 4 (Empat) orang (Standby) Rp 300.000/ hari, apabila terjadi kesalahan pemberian tugas (contoh : Tunggu Izin, Complain, Perubahan Gambar, Material tidak tersedia) tidak ada listrik buat lembur & menunggu pembersihan pembuangan lumpur pada galian sirkulasi sehingga tidak bisa melakukan pengeboran serta menunggu air kerja penuh di kolam galian sirkulasi sehingga bisa melakukan pengeboran.**

Paraf Pihak I	Paraf Pihak II

" ahlinya ahli pondasi dalam di darat, sungai & lautan "

Catatan yang wajib dilaksanakan / dikerjakan oleh Pemberi Tugas :

1. **Harga diatas adalah jasa pembuatan pondasi bore pile(Tenaga & Peralatan bore pile)**, tidak termasuk bahan : kawat las, besi beton, bendrat, readymix, pompa cor, perancah alat berupa kayu-kayu kaso, talang untuk pengecoran, tanah merah/ lempung atau bahan adiktif pencegah kelongsoran dinding bore pile (bila diperlukan di lapangan)& bar Cutter / cirkel besi, gerindra, kawat las & bahan pembuat tahu-tahu beton (selimut beton). **[Disiapkan oleh Pemberi Tugas / Maincont]**
2. Perijinan diurus oleh pemberi tugas dan harus sudah tuntas sebelum pekerjaan dimulai.
3. Pengukuran posisi titik yang akan di bore pile diberi tanda dengan membuat lubang sesuai diameter pelaksanaan pengeboran dan membuat galian sedalam $\pm 50 - 100$ cm untuk pengecekan apakah ada batu besar atau tidak dikerjakan dan dilakukan oleh Pemberi Tugas, apabila setelah dibor tapi tidak tembus sesuai kedalaman yang direncanakan karena ada batuan keras sehingga harus **dimulai pengeboran dari awal dan bergeser titiknya tapi dalam satu pile cape maka akan dikenai charge Rp 200.000,00 ~ 400.000,00 per titik (Sesuai DATA SONDIR / kondisi lapangan : normal / sedang / berat) (Harga diatas tidak termasuk biaya penggalian galian)**
4. Pembongkaran serta pembuangan bekas bangunan lama (beton, batuan keras, endapan pasir serta endapan lumpur dan lain-lainya yang bisa membatasi ruang kerja pembuatan pondasi bore pile) serta pembuatan galian sirkulasi yang akan diisi penuh air kerja ditengah lokasi proyek sesuai hasil pembuangan endapan bore pile berupa pasir dan lumpur kesemuanya dilakukan oleh Pemberi Tugas
5. Pembuangan galian tanah, batuan keras, serta hasil endapan pasir dan endapan lumpur yang menumpuk di galian sirkulasi maka di gali dan dibuang keluar lokasi proyek (untuk kelancaran proyek dan apabila dibutuhkan) dikerjakan dan dilakukan oleh Pemberi Tugas
6. Apabila sebelum mencapai kedalaman yang ditentukan dijumpai lapisan tanah keras / batuan maka pengeboran dihentikan dan hasilnya diperhitungkan sebagai pekerjaan tambah / kurang dan **apabila terjadi pergeseran titik tapi masih dalam satu pile cape, akibat pengeboran tidak tembus maka titik yang sudah dibor dan tidak terpakai karena tidak tembus maka Pemberi Tugas diwajibkan memberikan kompensasi(tenaga & solar) Rp 200.000,00 – 400.000,00 per titik (Sesuai DATA SONDIR / kondisi lapangan : normal / sedang / berat)**
7. Volume pekerjaan dihitung kembali sesuai dengan realisasi di lapangan dan diperhitungkan sebagai pekerjaan tambah / kurang.
8. **Apabila kondisi permukaan tanah tidak rata dan diperlukan perancah untuk dudukan mesin, material perancah alat berupa kayu-kayu kaso & talang untuk pengecoran/ pompa cor jika diperlukan disediakan oleh Pemberi Tugas serta jika diperlukan tanah merah / tanah lempung / bentonite agar tidak terjadi kelongsoran pada dinding bekas pengeboran maka disediakan oleh Pemberi Tugas**
9. Air Kerja / Sumur bor (bila diperlukan), Listrik kerja, Penerangan Kerja untuk lembur tersedia di lapangan serta keamanan proyek disediakan oleh Pemberi Tugas. **(Harga diatas tidak termasuk biaya pembuatan sumur bor)**

Sistem Pembayaran :

- Mobilisasi, demobilisasi, transport crew, loading alat & pekerjaan persiapan setelah kontrak dan dibayar lunas setelah keluar SPK / Kontrak.
- Uang Muka 30% dari nilai total harga jasa pembuatan pondasi bore pile setelah alat bore pile sampai dilokasi proyek dan akan dilakukan pertama kali pengeboran
- Pembayaran selanjutnya berdasarkan progres opname per 1 minggu atau lebih dan menyesuaikan kebutuhan pekerjaan di lapangan/ proyek dengan pemberi tugas
- Jika ada kenaikan BBM dari pemerintah maka pihak subcont berhak mendapatkan kenaikan harga satuan secara adil dan proporsional
- Idle time mutlak akan dimasukkan dalam kontrak kerja.
- Pembayaran I transfer ke **BNI** No Rekening : 097 – 9679 - 725 an. **IBU MEI LESTARI**

Untuk dan atas nama Penyedia Subcont Bore Pile/ Pihak I
CV ADHIDOYO LESTARI



Oto. J. Adiputra, ST
Dir. Operasional

Untuk dan atas nama Pemberi Tugas/ Maincont/ Pihak II
Nama perusahaan / Maincont

10.000,-

.....
Direktur Utama

Paraf Pihak I Paraf Pihak II