

BAB 3 METODE PENELITIAN

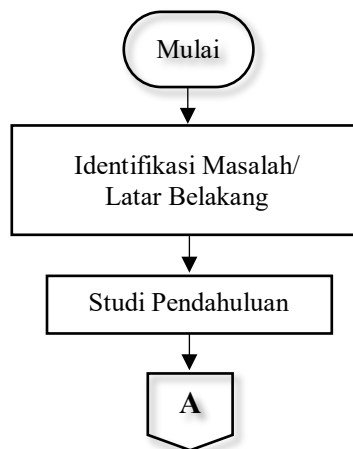
Suatu penelitian merupakan proses yang terdiri atas beberapa tahap. Tiap-tiap tahapan merupakan bagian yang menentukan untuk menjalankan tahapan selanjutnya. Teori-teori yang sudah ada merupakan dasar dalam melaksanakan penelitian dan mengacu pada latar belakang dan tujuan yang hendak dicapai. Untuk dapat mendapatkan penelitian yang baik, diperlukan suatu urutan langkah yang cermat. Hal ini dikarenakan penelitian merupakan suatu proses yang saling berinteraksi satu sama lainnya sehingga setiap langkah perlu dilaksanakan secara cermat.

Metode penelitian adalah langkah langkah dan rencana dari proses berpikir dan memecahkan masalah, mulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung dilapangan. Melakukan pengolahan dan interpretasi data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti.

3.1. RANCANGAN PENELITIAN

Penyusunan tesis ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi waktu dan biaya dalam sebuah proses pemilihan jenis pondasi yang tepat sesuai dengan kebutuhan, kondisi, metode pelaksanaan, pada wilayah obyek penelitian.

Karena itu, arus kegiatan penelitian secara keseluruhan harus dirancang sebaik-baiknya, karena arus kegiatan penelitian adalah sebagai pedoman dalam mengadakan penelitian dan mengetahui prestasi yang telah dicapai dalam penelitian ini. Adapun arus kegiatan penelitian secara keseluruhan dituangkan dalam alur berikut ini :



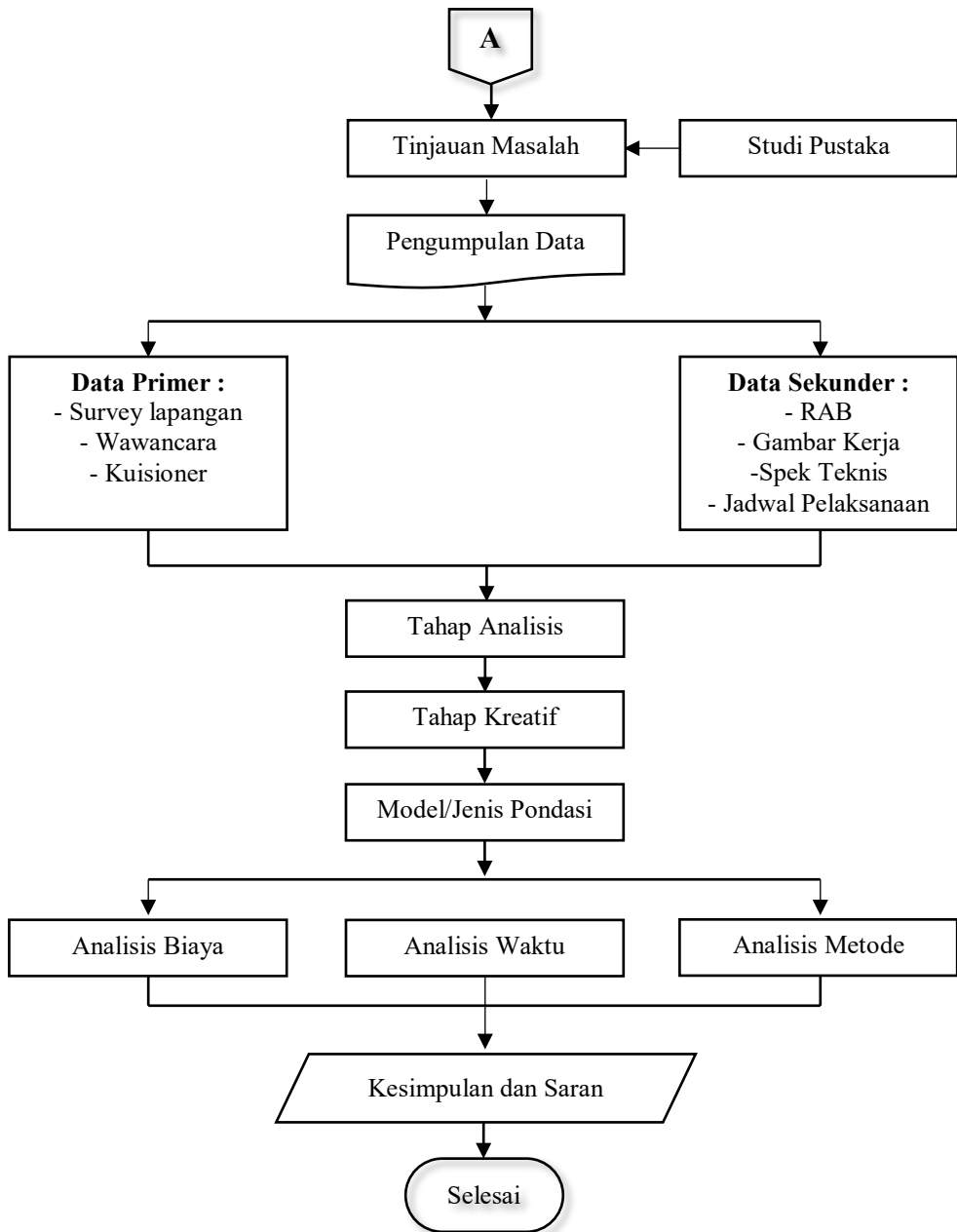


Diagram 3.1. Bagan Alur Penelitian

(Sumber: Diolah oleh Penulis. 2020)

3.2. MATERI PENELITIAN

Penelitian ini disusun untuk membahas dan menganalisis ulang melalui penerapan Value Engineering guna menemukan hal-hal yang lebih efektif dari perencanaan yang sudah ada. Kerangka pikir penerapan Value Engineering ini antara lain :

1. Pada saat pelaksanaan tahap desain suatu proyek sering terdapat kondisi dan kendala–kendala yang mengakibatkan timbulnya biaya–biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*), yang diantaranya disebabkan oleh :
 - a. Kurangnya informasi
 - b. Kurangnya ide
 - c. Kesalahan membuat konsep
 - d. Kurangnya waktu
2. Dalam usahanya untuk melakukan penghematan biaya, sebenarnya banyak cara yang dapat dilakukan, salah satunya adalah dengan metode Value Engineering, dimana tujuan dari aplikasi Value Engineering itu sendiri adalah untuk menekan biaya pelaksanaan fisik serendah-rendahnya tanpa merubah fungsi.
3. Dengan melakukan studi Value Engineering pada tahap desain, akan didapat keuntungan berupa penghematan biaya secara maksimal dengan tetap memperhatikan kualitas, penampilan, dan fungsi yang diinginkan.
4. Salah satu upaya penerapan Value Engineering adalah dengan menggunakan Hukum Distribusi Pareto yang menyatakan bahwa sebagian kecil komponen proyek menyumbangkan sebagian besar biaya proyek.
5. Pada akhirnya, didapatkan suatu rancangan atau desain suatu proyek yang efisien dan efektif dengan biaya total proyek yang telah tereduksi

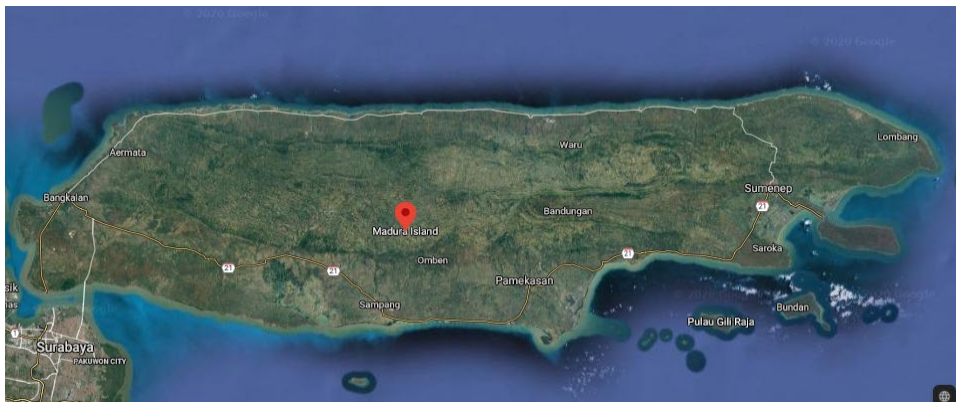
Penelitian yang dilakukan penulis ialah dengan mengambil suatu contoh studi kasus pada proyek Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep, dimana pada suatu studi kasus dapat dijadikan acuan dan diharapkan dapat lebih mudah dipahami terutama bagi kalangan masyarakat umum.

Dalam melakukan pengumpulan data, penulis mencoba mengumpulkan informasi–informasi terkait yang terdapat pada proyek. Untuk data yang lebih spesifik akan lebih diperdalam berdasarkan informasi yang didapat namun apabila kelengkapan data yang dibutuhkan tidak memenuhi maka penulis akan membuat

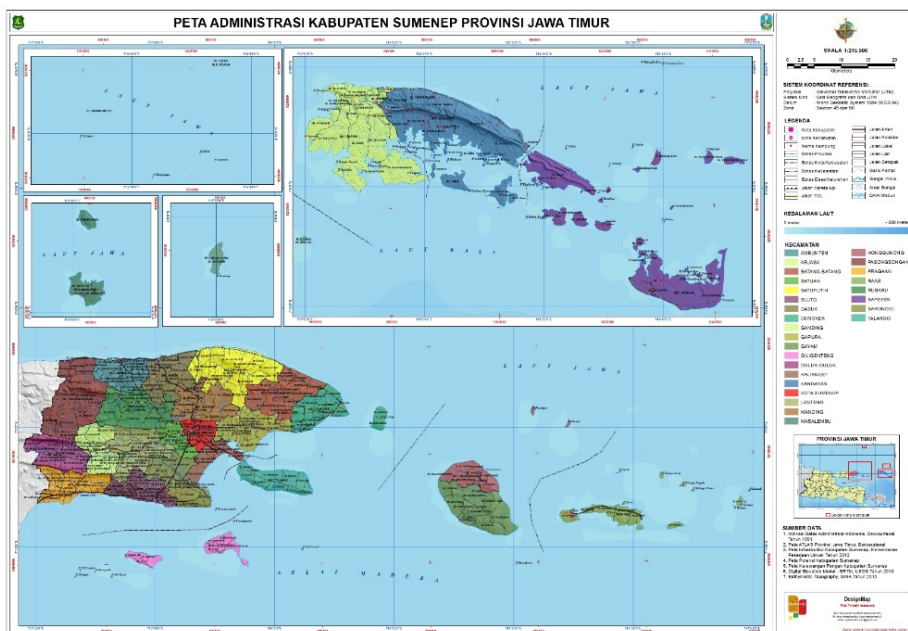
suatu asumsi penelitian berdasarkan pendapat dan persetujuan para ahli konstruksi.

3.3. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung OK Sentral di RSUD Moh. Anwar, Sumenep di Kabupaten Sumenep, Madura Provinsi Jawa Timur- Indonesia.



Gambar 3.1. Wilayah Madura – Jawa Timur
(Sumber: Google Earth)



Gambar 3.2. Wilayah Kabupaten Sumenep – Jawa Timur
(Sumber: Google)

Luas Wilayah Kabupaten Sumenep adalah 2.093,457573 km², terdiri dari pemukiman seluas 179,324696 km², areal hutan seluas 423,958 km², rumput tanah kosong seluas 14,680877 km², perkebunan/tegalan/semak belukar/ladang seluas 1.130,190914 km², kolam/ pertambakan/air payau/danau/waduk/rawa seluas 59,07 km², dan lain-lainnya seluas 63,413086 km². Untuk luas lautan Kabupaten Sumenep yang potensial dengan keaneka-ragaman sumber daya kelautan dan perikananannya seluas ±50.000 km².

Perbatasan dengan daerah sekitarnya :

- Sebelah selatan : Selat Madura dan Laut Bali
- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Barat : Kabupaten Pamekasan
- Sebelah Timur : Laut Jawa dan Laut Flores

Data iklim Sumenep, Jawa Timur, Indonesia													
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Tahun
Rata-rata tertinggi °C (°F)	30.7 (87.3)	31.1 (88)	31.8 (89.2)	32.2 (90)	31.7 (89.1)	31.3 (88.3)	31.1 (88)	31.4 (88.5)	32.1 (89.8)	33.1 (91.6)	32.7 (90.9)	31.5 (88.7)	31.73 (89.12)
Rata-rata harian °C (°F)	26.4 (79.5)	26.6 (79.9)	27.1 (80.8)	27.4 (81.3)	27.3 (81.1)	26.8 (80.2)	26.5 (79.7)	26.6 (79.9)	27.5 (81.5)	28.1 (82.6)	27.8 (82)	27.1 (80.8)	27.1 (80.77)
Rata-rata terendah °C (°F)	22.2 (72)	22.4 (72.3)	23 (73)	23 (73)	22.7 (72.9)	22.4 (72.3)	21.9 (71.4)	21.8 (71.2)	22.6 (72.7)	23.2 (73.8)	23 (73)	22.7 (72.9)	22.58 (72.54)
Presipitasi mm (inci)	260.8 (10.268)	232.1 (9.138)	218.9 (8.618)	135.2 (5.323)	87.9 (3.461)	52.3 (2.059)	20.4 (0.803)	4.2 (0.165)	4.6 (0.181)	42.1 (1.657)	115.9 (4.563)	219.6 (8.646)	1.394 (54.882)
Rata-rata hari hujan	18	17	16	10	6	5	3	1	1	3	7	15	102
% Kelembapan	86	85	84	82	81	78	75	73	74	75	77	83	79.4
Rata-rata sinar matahari bulanan	169	161	203	226	256	270	282	302	294	294	206	191	2.854

Tabel 3.1. Data Iklim Kabupaten Sumenep – Jawa Timur
(Sumber: Google)

Kabupaten Sumenep termasuk dalam kategori daerah beriklim tropis basah dan kering. Seperti daerah lain di Indonesia, musim hujan di Sumenep dimulai bulan Desember hingga Maret, dan musim kemarau bulan Mei hingga Oktober. Rata-rata curah hujan di Sumenep adalah ±1.394 mm. Berdasarkan data tahun 2011, temperatur suhu udara di Sumenep tertinggi terjadi pada bulan September - November (32,7°C). Suhu udara relatif konsisten sepanjang tahun, dengan suhu

rata-rata 30 derajat Celsius. Jumlah curah hujan terbanyak terjadi di bulan Januari. Rata-rata penyinaran matahari terlama di bulan Agustus dan terendah di bulan Februari. Sedangkan kecepatan angin di bulan Juli merupakan yang tertinggi dan terendah di bulan Maret.

3.4. SUBYEK DAN OBYEK PENELITIAN

3.4.1. Subyek Penelitian

Yang dimaksud dengan subyek penelitian adalah orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka pembumbutan sebagai sasaran (Kamus Bahasa Indonesia, 1989:862). Adapun subyek penelitian dalam tulisan ini adalah RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep.

3.4.2. Obyek Penelitian

Yang dimaksud dengan obyek penelitian adalah hal yang menjadi sasaran penelitian (Kamus Bahasa Indonesia; 1989:622). Menurut (Supranto 2000:21), obyek penelitian adalah himpunan elemen yang dapat berupa orang, organisasi atau barang yang akan diteliti.

Kemudian dipertegas oleh (Anto Dayan 1986:21), yang menyatakan bahwa obyek penelitian adalah pokok persoalan yang hendak diteliti untuk mendapatkan data secara lebih terarah.

Adapun obyek penelitian dalam tulisan ini adalah pelaksanaan pondasi pada pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep.

3.5. LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN

Langkah-langkah dan hal-hal yang perlu dilakukan dalam proses penelitian ini, diantaranya :

3.5.1. Persiapan

Tahap persiapan adalah suatu tahapan dimana peneliti mencari atau mengumpulkan data-data mengenai proyek terutama masalah spesifikasi proyeknya, yang dilakukan baik pada konsultan, kontraktor maupun pada dinas atau instansi terkait yang menangani semua kegiatan konstruksi. Setelah mendapatkan data proyek kemudian peneliti melakukan survey ke lokasi proyek untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan. Selain itu peneliti juga melakukan studi pustaka baik melalui buku-buku pustaka, internet, peraturan-

peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan peraturan-peraturan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tambahan informasi atau pengetahuan

3.5.2. Pengumpulan Data

Data merupakan materi/bahan yang sangat penting dalam suatu penelitian. Demikian juga dalam penelitian ini, data-data yang diperoleh dipelajari dan diolah sesuai dengan tujuan penelitian ini.

3.5.2.1. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini disusun berdasarkan data-data proyek beserta data-data penunjang lainnya yang diperoleh dari berbagai sumber. Di bawah ini tertera jenis dan sumber data yang dipergunakan.

Sumber data terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh peneliti secara langsung (baik dari lapangan/site maupun data dari person yang berhubungan langsung dengan subyek penelitian), sementara data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada.

Data primer adalah data yang diperoleh dari responden melalui survey lapangan, kuesioner, *focussed group discussion*/FGD/keompok fokus, dan panel, atau juga data hasil wawancara peneliti dengan narasumber.

Sedangkan data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisis value engineering.

Data sekunder, misalnya data-data teknis dari proyek seperti gambar bestek, Rencana Anggaran Biaya (RAB), Rencana Kerja dan Syarat (RKS)/Spesifikasi teknis pekerjaan, daftar harga bahan/material, upah pekerja, dan alat yang diperoleh dilapangan, sampai dengan data-data mengenai peraturan-peraturan bangunan gedung dari Dinas Pekerjaan Umum dan data-data lainnya yang dapat dijadikan referensi dalam menjalankan proses analisis value engineering.

Tabel 3.2. Jenis dan Sumber Data yang Dipergunakan

No	Jenis Data	Sumber
1	Rencana Kerja dan Syarat-syarat	Data Perencanaan
2	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	Data Perencanaa
3	Desain perencanaan	Data Perencanaan
4	Penjadwalan	Data Perencanaan
5	Metode Pelaksanaan Proyek	Data Perencanaan dan Kontraktor Pelaksana
6	Daftar harga material	Jurnal harga material
7	Literatur	Brosur harga material

Sumber: diolah oleh penulis

3.5.2.2. Teknik Memperoleh Data

Dalam sebuah rangkaian penelitian, teknik pengumpulan data merupakan faktor penting demi keberhasilan penelitian. Hal ini berkaitan dengan bagaimana cara mengumpulkan data, siapa sumbernya, dan apa alat yang digunakan. Jenis sumber data adalah mengenai dari mana data dapat diperoleh. Apakah data diperoleh dari sumber langsung (data primer) atau data diperoleh dari sumber tidak langsung (data sekunder).

Metode Pengumpulan Data merupakan teknik atau cara yang dilakukan untuk mengumpulkan data. Metode menunjuk suatu cara sehingga dapat diperlihatkan penggunaannya melalui angket, wawancara, pengamatan, tes, dkoumentasi dan sebagainya.

Sedangkan Instrumen Pengumpul Data merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data. Karena berupa alat, maka instrumen dapat berupa lembar cek list, kuesioner (angket terbuka/tertutup), pedoman wawancara, camera photo dan lainnya.

Teknik memperoleh data dapat dilakukan dengan cara, yaitu :

1. Data primer salah satunya bisa didapatkan dengan cara observasi lapangan. Mengumpulkan data, memilah dan kemudian menyusunnya berdasar hasil pengamatan langsung di lapangan.
2. Wawancara
Wawancara merupakan teknik pengumpulan data primer yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara pengumpul data maupun peneliti terhadap narasumber atau sumber data. Wawancara pada penelitian sampel besar biasanya hanya dilakukan sebagai studi pendahuluan karena tidak mungkin menggunakan wawancara pada 1000

responden, sedangkan pada sampel kecil teknik wawancara dapat diterapkan sebagai teknik pengumpul data (umumnya penelitian kualitatif). Wawancara sendiri dapat terbagi atas wawancara terstruktur dan tidak terstruktur

3. Kuisisioner, merupakan teknik pengumpulan data melalui formulir pertanyaan yang diajukan pada responden untuk mendapatkan jawaban atau tanggapan dan informasi yang diperlukan oleh peneliti (Mardalis: 2008: 66)
4. Untuk metode pengambilan data sekunder dapat menggunakan metode dengan cara melakukan permintaan dan pengambilan data proyek pada instansi-instansi atau perusahaan-perusahaan yang dianggap berkepentingan. Perusahaan itu dapat meliputi perusahaan bahan/material bangunan, persewaan alat-alat berat, konsultan, kontraktor, pemborong tenaga kerja, ataupun instansi yang menangani masalah jasa dan konstruksi bangunan, serta perusahaan-perusahaan lainnya yang bisa dijadikan bahan referensi.
5. Mengumpulkan data-data proyek Pembangunan RSUD Moh. Anwar Sumenep dari pihak Konsultan Perencana dan Kontraktor Pelaksana. Data-data yang diperoleh dengan cara ini antara lain data Rencana Kerja dan Syarat (RKS), Desain Perencana, Rencana Anggaran Biaya dan Penjadwalan Proyek.
6. Melakukan penelusuran harga material/bahan bangunan dari jurnal dan brosur harga bahan bangunan.
7. Mengadakan studi kepustakaan dengan mempelajari buku-buku literatur serta jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.6. TEKNIK PENYUSUNAN DATA

Teknik atau metode adalah cara-cara konstruktif yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah direncanakan. Demikian pula pada tahap informasi dari rencana kerja rekayasa nilai, teknik dan metode yang digunakan adalah berupa langkah-langkah yang dilakukan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Di bawah ini dipaparkan teknik atau metode yang digunakan untuk mencapai masing-masing tujuan :

1. Metode untuk mendapatkan basis informasi umum tentang sistem atau proyek antara lain :
 - Mengumpulkan informasi-informasi dan data-data proyek, yang meliputi: rencana anggaran biaya, rencana kerja dan syarat,

penjadwalan proyek, desain perencanaan dan konsepsi perencanaan atau *term of reference*

- Mempelajari, mengklasifikasikan dan mengolah data-data tersebut menjadi sebuah informasi yang tersusun rapi.
2. Metode dalam pentabulasian data yang berkenaan dengan *item* pekerjaan yaitu:
- Mempelajari gambar desain perencanaan untuk mendapatkan komponen-komponen dari *item* pekerjaan.
 - Mempelajari data rencana anggaran biaya untuk mendapatkan biaya masing-masing komponen dan biaya *item* pekerjaan.
 - Menyusun dalam bentuk tabel.
3. Metode dalam menentukan *item* pekerjaan studi :
- Menentukan *item* pekerjaan berbiaya tinggi dengan membuat *cost model* proyek contoh.
 - Memilih *item* pekerjaan yang akan menjadi *item* pekerjaan studi berdasarkan *cost model*, *breakdown cost model* serta grafik hukum distribusi Pareto contoh.
 - Menggambarkan *item* pekerjaan terpilih/studi dalam bentuk *cost model*, *breakdown cost model* serta grafik hukum distribusi Pareto.
4. Metode untuk mendapatkan *item* pekerjaan yang akan dilakukan penggalian terhadap alternatif-alternatifnya pada tahap kreatif dan penganalisaan pada tahap analisa adalah analisa fungsi terhadap semua *sub item* pekerjaan pada *item* pekerjaan terpilih. Adapun urutan-urutan dalam analisa fungsi adalah sebagai berikut:
- Menentukan fungsi dasar *item* pekerjaan.
 - Menentukan fungsi-fungsi komponen *item* pekerjaan, mengklasifikasikan fungsi-fungsi tersebut ke dalam fungsi *basic*, untuk komponen-komponen yang berfungsi sama dengan fungsi dasar *item* pekerjaan, dan fungsi sekunder untuk *item* pekerjaan yang berfungsi yang berfungsi sebagai penunjang fungsi dasar *item* pekerjaan
 - Menentukan rasio *cost/worth* yang merupakan indeks nilai biaya dibandingkan dengan nilai manfaat
 - Menentukan sub *item-sub item* (untuk selanjutnya disebut *item* saja) pekerjaan yang akan dilakukan penggalian terhadap alternatif-alternatifnya pada tahap kreatif dan penganalisaan pada tahap analisa.

3.7. ANALISIS DATA

Dari data-data yang telah dikumpulkan, kemudian dilakukan analisis value engineering untuk menghasilkan adanya suatu pengurangan biaya atau *saving cost*. Analisis value engineering dilakukan tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Informasi

Tahap informasi dari proses ini meliputi kegiatan merumuskan masalah, mengumpulkan fakta, mengenal objek dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya

Pada tahap awal ini dilakukan upaya-upaya untuk memperoleh informasi sebanyak-sebanyaknya yang relevan dengan obyek studi yang akan dijadikan subyek penelitian, dimana data dan informasi tersebut diolah menurut kebutuhan pada tahap selanjutnya. Informasi umum yang diperlukan pada tahap informasi antara lain adalah :

- a. Nama proyek
- b. Lokasi proyek
- c. Pemilik proyek
- d. Nilai proyek
- e. Luas bangunan
- f. Spesifikasi obyek studi.
- g. Langkah-langkah penunjang yang biasa diterapkan dalam tahap informasi adalah sebagai berikut :
 - Pengulangan desain informasi adalah pelaksanaan mengumpulkan semua informasi yang menyangkut segala aspek kepentingan obyek studi. Adapun yang termasuk didalam obyek studi, yaitu :
 - Gambar-gambar perencanaan
 - Spesifikasi teknis pekerjaan
 - Rencana Anggaran Biaya
 - Perhitungan desain/konstruksi
 - Data-data kondisi setempat
 - Jadwal pelaksanaan pekerjaan, dan lain-lain.
 Dalam proses evaluasi selanjutnya, data informasi tersebut dapat dijadikan kumpulan data yang dibutuhkan dan disusun dalam suatu deskripsi permasalahan dan tujuan penghematannya.
 - Penentuan sasaran studi
 - Untuk mengetahui sasaran studi dan berapa besar perkiraan target penghematan biaya didapat dengan membuat struktur biaya dari

keseluruhan elemen obyek studi yang memperlihatkan dengan jelas bagian dan elemen yang ada sebagai sasaran studi tersebut.

- Pemilihan elemen dengan potensi penghematan optimum
Dari struktur dan perkiraan target penghematan biaya tersebut, maka dapat dipilih elemen–elemen obyek studi yang mempunyai potensi penghematan optimum dengan metoda perbandingan (rasio) antara biaya asal dan target biaya, dan perhatian diutamakan kepada rasio yang menyolok. Cara ini dikenal dengan Cost Matrix Model yang menguraikan rasio cost dengan worth, presentasi pembagian pekerjaan (bobot).

Dalam melakukan analisis, penulis memiliki 2 topik besar untuk yang mengidentifikasi penyebab terjadinya *unnecessary cost*, dilakukan penilaian kualitatif yang akan dikuantitatifkan. Penilaian tersebut diperoleh dengan melakukan wawancara dengan para ahli, tenaga terampil maupun responden–responden yang memahami spesifikasi pekerjaan dan kondisi lapangannya. Jumlah wawancara dilakukan secukupnya berdasarkan tingkat kecukupan dari validasi data.

Untuk topik penerapan metode VE, digunakan elemen–elemen yang terdapat dalam Value Engineering, yaitu : Analisis Pareto, Cost Model, Pendekatan Fungsional, Diagram FAST, dan Tahapan Analisis dan Rencana Kerja Value Engineering

2. Tahap Identifikasi

Dalam penerapan teknik serta metode identifikasi, dipergunakan alat bantu berupa gambar–gambar serta tabel–tabel, yang terdiri dari tabel *breakdown cost model*, tabel perhitungan hukum distribusi Pareto serta gambar grafik hukum distribusi Pareto. Di bawah ini dijelaskan tabel–tabel serta gambar–gambar tersebut.

A. Tabel *Breakdown Cost Model*

Tabel *Breakdown Cost model* memperlihatkan pemecahan sistem dalam suatu susunan dari elemen tertinggi sampai elemen terendah, dengan mencantumkan biaya tiap elemen untuk melukiskan distribusi pengeluaran.

Permodelan biaya/Cost Model ini merupakan salah satu langkah yang berguna untuk :

1. Meningkatkan daya pandang terhadap biaya, seperti di area dimana terdapat biaya–biaya yang tinggi.
 2. Membantu mengidentifikasi potensi Value Engineering.
 3. Menyediakan referensi dasar bagi perbandingan alternatif–alternatif
- Tabel 3.3. memperlihatkan bentuk/form tabel *Breakdown Cost model*. Cara pengisian tabel tersebut adalah sebagai berikut:
- a. Kolom Nomer diisi dengan urutan nomer *item* pekerjaan dimulai dari *item* pekerjaan pertama sampai terakhir.
 - b. Kolom *Item Pekerjaan* diisi dengan nama *item* pekerjaan yang bersangkutan dimulai secara urut dari *item* pekerjaan berbiaya tertinggi sampai rendah.
 - c. Kolom persentase *Cost Kumulatif* diisi dengan angka yang menunjukkan persentase *Cost* kumulatif *item* pekerjaan tersebut terhadap jumlah total biaya. *Cost* kumulatif pekerjaan diperoleh dengan menjumlahkan *Cost item* tersebut dengan *Cost item-item* pekerjaan di atasnya.
 - d. Kolom *Item Cost* diisi dengan kost *item* pekerjaan tersebut sesuai dengan data analisa biaya.
 - e. Baris Total diisi dengan jumlah *item Cost*.

Tabel 3.3. Format Tabel untuk *Breakdown Cost Model*

No	<i>Item Pekerjaan</i>	Persentase Kumulatif (%)	<i>Item Cost</i>
	Total		

Sumber: diolah oleh penulis

Permodelan biaya yang digunakan adalah model biaya permulaan (Initial Cost Model). Pada Initial Cost Model biaya yang dibagi menjadi dua adalah biaya yang ditargetkan setelah terjadi penghematan (bagian bawah) dan biaya sebenarnya atau biaya sebelum terjadi penghematan.

Pertama yang dilakukan adalah mengelompokkan biaya konstruksi sesuai peruntukan fungsinya masing-masing (Sipil, Arsitektur, Mekanikal, Elektrikal dst.). Setelah itu, untuk pekerjaan sipil dipecah lagi, khusus untuk komponen struktur pada masing-masing lantai bangunan, setelah itu, dipecah kembali menjadi struktur atas dan bawah, secara spesifik sampai ke pembiayaan pekerjaan pondasi bangunan.

Tabel 3.4. Perhitungan Hukum Distribusi Pareto

No	Item Pekerjaan	Cost	Cost Kumulatif	Persentase Item Pekerjaan Kumulatif (%)	Persentase Cost Kumulatif (%)

Sumber: diolah oleh penulis

Untuk Tabel 3.4. di atas merupakan langkah berikutnya yaitu bentuk tabel perhitungan hukum distribusi Pareto. Cara pengisiannya adalah sebagai berikut :

- Kolom Nomer diisi dengan angkaurut nomer *item* pekerjaan dimulai dari *item* pekerjaan pertama sampai terakhir.
- Kolom *Item* Pekerjaan diisi dengan nama *item* pekerjaan yang bersangkutan dimulai secara urut dari *item* pekerjaan berbiaya tertinggi sampai rendah.
- Kolom *item* Cost diisi dengan angka yang menunjukkan *Cost item* pekerjaan tersebut sesuai dengan data analisa biaya
- Kolom *Cost* Kumulatif diisi dengan angka yang menunjukkan *Cost* kumulatif *item* pekerjaan bersangkutan. *Cost* kumulatif pekerjaan diperoleh dengan menjumlahkan *Cost item* pekerjaan tersebut dengan *Cost item-item* pekerjaan di atasnya.
- Kolom Persentase *Item* Pekerjaan Kumulatif diisi dengan angka yang menunjukkan persentase kumulatif *item* pekerjaan relatif terhadap jumlah total *item* pekerjaan.

Hitung persentase komponen pekerjaan dan jumlahkan secara kumulatif.

$$\mathbf{PKp} = (\mathbf{Kp} / \mathbf{TKp}) \times 100\%$$

Keterangan :

PKp : % Komponen pekerjaan

Kp : Komponen pekerjaan

TKp : Total komponen pekerjaan

- Kolom Persentase *Cost* Kumulatif diisi dengan angka yang menunjukkan persentase *Cost* kumulatif *item* pekerjaan tersebut terhadap jumlah total biaya.

$$\mathbf{PBKt} = (\mathbf{BKt} / \mathbf{Bt}) \times 100\%$$

Keterangan :

PBKt : % Biaya komponen total

BKt : Biaya komponen total

- Bt : Biaya total
- g. Plot kumulatif persentase komponen pekerjaan (sumbu X) dan kumulatif persentase biaya komponen pekerjaan (sumbu Y).

B. Grafik Hukum Distribusi Pareto

Para ahli dalam memilih fungsi yang akan dikaji, sering menggunakan Hukum Distribusi Pareto². Dalam Hukum Distribusi Pareto disebutkan bahwa : “20% bagian dari suatu item memiliki bobot 80% dari biaya”³.

Hukum tersebut, walaupun tidak benar-benar tepat untuk proyek konstruksi, menyatakan bahwa sebagian kecil (20%) komponen proyek menyumbang sebagian besar (80%) biaya proyek. Diagram 3.2. berikut ini menggambarkan tentang grafik hukum distribusi Pareto.

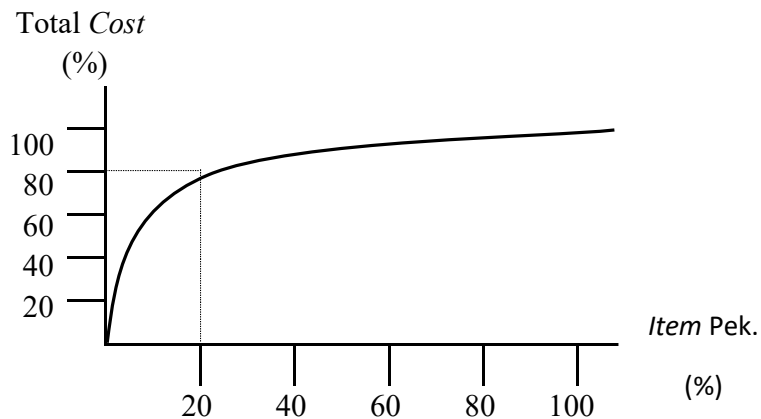


Diagram 3.2. Grafik Hukum Distribusi Pareto
*Sumber: Indonesia Concultacy Development Project (1985),
 Application of Value Engineering*

² Vilfredo Pareto, 1848-1923, ekonom politik dan insinyur Italia

³ O'Brien, James J., Value Analysis Design and Construction, New York, McGrawHill, 1976 : 11.

C. Tahap Analisis Fungsi

Analisis fungsi adalah sebuah metode analisis dengan membuat diagram analisis fungsi dengan menguraikan tiap elemen menjadi komponen pembentuk sesuai fungsinya untuk meneliti bagian mana yang mempunyai fungsi utama, fungsi sekunder dan tersier yang akan menunjukkan layak tidaknya dilakukan value engineering.

Tahap Analisis Fungsi menggunakan tabel analisis yang digunakan untuk menerangkan fungsi utama item pekerjaan, sekaligus menggambarkan dan mengklasifikasikan fungsi-fungsi utama (*basic function*) maupun fungsi-fungsi penunjangnya (*secondary function*), serta untuk mendapatkan perbandingan antara biaya dengan nilai manfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan fungsi tersebut.

Tabel 3.5. memperlihatkan bentuk formulir analisa fungsi. Adapun urutan pengisiannya adalah sebagai berikut:

- a. Baris Proyek diisi dengan nama proyek studi
- b. Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi
- c. Baris *Item Pekerjaan* diisi dengan nama *item* pekerjaan yang dianalisa.
- d. Baris fungsi diisi dengan nama fungsi *item* pekerjaan yang dianalisa
- e. Kolom Nomer diisi dengan angka urutan nomer *item* pekerjaan dimulai dari *item* pekerjaan pertama sampai akhir.
- f. Kolom komponen digunakan untuk mengisi *sub-item* dari *item* pekerjaan yang akan dianalisa.
- g. Fungsi didefinisikan dalam dua kata, kata kerja aktif dan kata benda yang teratur. Setiap fungsi diklasifikasikan sebagai fungsi dasar, ditulis pada kolom jenis dengan huruf B dan fungsi penunjang, ditulis pada kolom jenis dengan huruf S.
- h. Langkah selanjutnya adalah mengisi jumlah biaya fungsi utama (*worth*), dan jumlah biaya keseluruhan (*cost*)
- i. Membandingkan jumlah biaya keseluruhan (*cost*) dengan jumlah biaya fungsi utama (*worth*)

Tabel 3.5. Analisis Fungsi

TAHAP INFORMASI							
Analisa Fungsi							
Proyek :							
Lokasi :							
Item Pekerjaan :							
Fungsi :							
No	Komponen	Fungsi			Worth	Cost	Ket.
		K. Kerja	K. Benda	Jenis			
Total							
<i>cost/worth =</i>							

Sumber: diolah oleh penulis

Analisis fungsi dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi yang terdiri dari kata kerja dan kata benda. Dan langkah selanjutnya dilakukan perbandingan antara nilai tukar dengan nilai primer atau yang sering dikenal dengan sebutan indeks nilai. Dengan ketentuan sebagai berikut :

- $Nt/Np < 1$, maka value engineering tidak layak dilakukan, upaya akan mengalami kerugian.
- $Nt/Np = 1$, maka value engineering tidak layak dipertimbangkan untuk dilakukan, karena upaya akan break even.
- $Nt/Np > 1$, maka value engineering layak dipertimbangkan untuk dilakukan

4. Tahapan Kreatif

Pada tahapan kreatif ini, digali gagasan-gagasan yang bersifat spekulasi-spekulasi adanya kemungkinan-kemungkinan/alternatif lain yang dianalisis dengan menanyakan apakah ada alternatif lain yang dapat memenuhi fungsi atau kegunaan yang sama. Alternatif yang diusulkan mungkin didapat dari pengurangan, penyederhanaan atau modifikasi dengan tetap mempertahankan fungsinya. Pada tahap ini bisa pula dilakukan sumbang saran (*brainstorm*) guna mendorong penggunaan imajinasi dan pemunculan ide-ide baru, dimana untuk tahap awal ini dilakukan tanpa memikirkan praktis atau sulit tidaknya untuk diimplementasikan.

Dalam analisis value engineering, berfikir kreatif adalah hal sangat penting dalam mengembangkan ide-ide untuk membuat alternatif-alternatif dari elemen yang masih memenuhi fungsi tersebut, kemudian disusun secara sistematis. Penyusunan alternatif-alternatif tersebut dapat ditinjau dari berbagai aspek, diantaranya :

a. Bahan atau material

Penggunaan alternatif bahan dikarenakan semakin banyaknya jenis bahan bangunan yang diproduksi dengan kriteria mempunyai fungsi yang sama. Seiring dengan berkembangnya kemajuan teknologi jenis material/bahan baku yang mempunyai fungsi yang sama dapat dibuat atau dicetak dengan mutu dan kualitas yang hampir sama juga. Hanya karena memiliki merk atau lisensi yang berbeda, maka harga bahan tersebut menjadi berbeda. Dengan demikian, maka pemilihan alternatif bahan dapat dilakukan dalam analisis value engineering. Pemilihan bahan baku dengan mutu, kualitas dan fungsi yang sama dengan rencana awal tapi dengan harga lebih rendah dapat dilakukan

b. Cara atau metode pelaksanaan pekerjaan

Dalam melaksanakan suatu pekerjaan pastinya mempunyai cara atau metode sendiri-sendiri. Pada zaman dulu cara menyelesaikan suatu pekerjaan hanya mengandalkan tenaga manusia dengan alat-alat sederhana, sehingga waktu penyelesaian pelaksanaan proyek dapat membutuhkan waktu yang cukup lama. Seiring dengan kemajuan teknologi, kini muncul alat-alat bantu yang lebih canggih dalam menyelesaikan pekerjaan. Sebagai contoh, adanya alat-alat berat seperti dozer, excavator, crane dan lain-lain yang dapat membantu dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi bangunan, sehingga pekerjaan dapat cepat selesai.

Dengan demikian dapat dilihat, bahwa suatu pekerjaan konstruksi bangunan yang dikerjakan dengan tenaga manusia dan alat-alat sederhana akan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan dikerjakan menggunakan alat-alat yang lebih modern. Maka analisis value engineering dalam hal metode pelaksanaan dapat dilakukan, karena semakin pendek waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan, semakin kecil pula biaya yang dikeluarkan. Jadi, nantinya dapat dipilih alternatif metode pekerjaan mana yang dapat membuat pekerjaan cepat selesai dari jadwal yang sudah direncanakan.

c. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Setiap pekerjaan dalam suatu proyek pastinya sudah mempunyai jadwal (schedule) pelaksanaan. Terkadang dengan bobot pekerjaan yang tetap, waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dikurangi, asalkan pekerjaan tersebut tidak terdapat dalam jalur kritis. Banyak cara yang dilakukan untuk mewujudkan hal tersebut, diantaranya dengan mengganti metode pelaksanaan, menambah jumlah tenaga kerja dan lain-lain. Dengan demikian, alternatif pengurangan waktu pelaksanaan dalam analisis value engineering dapat dimunculkan bersamaan dengan pemilihan alternatif cara atau metode pelaksanaan pekerjaan.

5. Tahapan Penilaian dan Analisis (*Judgement Phase*)

a. Penentuan kriteria penilaian

Untuk menentukan alternatif mana yang sesuai dengan tujuan dari penelitian, maka diperlukan pendapat dari para ahli konstruksi mengenai kriteria penilaian yang akan digunakan dengan cara menyebarkan kuisioner. Kriteria penilaian yang akan diajukan sebagai pertimbangan para pakar/ahli adalah sebagai berikut :

- Biaya awal/*Initial Cost*
- Kualitas
- Waktu Pelaksanaan
- Metode Pelaksanaan
- Peralatan Kerja
- Dampak Lingkungan
- Persediaan Material
- Lahan Stok Material di Site
- Mobilisasi Material ke site
- Bentuk Konstruksi
- Identifikasi Kondisi Tanah

b. Analisis Untung dan Rugi

Pada tahapan ini dilakukan analisis keuntungan dan kerugian pada alternatif yang dihasilkan pada tahap kreatif di dalam fase sebelumnya. Setiap alternatif atau usulan gagasan yang diperoleh, dicatat keuntungan dan kerugiannya berdasarkan parameter-parameter yang sebelumnya telah ditentukan. Kemudian diberi bobot nilai sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan berdasarkan hasil diskusi, kemudian disusun peringkatnya. Keluaran (output) dari tahap ini adalah mendapatkan alternatif pilihan yang memiliki skor tertinggi untuk kemudian dianalisis pada tahap pengembangan. Apabila alternatif-alternatif yang didapatkan tidak banyak maka tidak perlu dilakukan analisis keuntungan. Analisis keuntungan dan kerugian ini berfungsi untuk menyeleksi alternatif-alternatif yang ada agar tidak terlalu banyak bila dilanjutkan.

c. Analisis Perhitungan Biaya

Metode analisa biaya yang dipakai atau dipergunakan adalah analisa biaya dengan metode SNI yang sama yang dipergunakan untuk dasar perencanaan. Analisa yang tidak tersedia di dalam perencanaan akan disesuaikan dengan keadaan dilapangan untuk koefisien bahannya dan untuk koefisien pekerjaannya tetap. Dasar perhitungan dari metode SNI adalah mencari harga satuan masing-

masing pekerjaan dengan cara koefisien dikalikan dengan harga satuan bahan/upah pekerja yang digunakan. Setelah didapatkan harga satuan masing-masing item pekerjaan maka dapat dihitung rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan atau Bill of Quantity (BQ) dengan cara mengalikan harga satuan masing-masing pekerjaan pada setiap alternatif terpilih.

d. Metode Zero One

Menurut Hutabrat (1995) dalam Listiono (2011), metode zero-one adalah salah satu cara pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan urutan prioritas fungsi-fungsi. Prinsip metode ini adalah menentukan relativitas suatu fungsi “lebih penting” atau “kurang penting” terhadap fungsi lainnya. Fungsi yang “lebih penting” diberi nilai satu (one), sedangkan nilai yang “kurang penting” diberi nilai nol (zero). Keuntungan metode ini adalah mudah dimengerti dan pelaksanaannya cepat dan mudah. Kemudian setelah didapatkan angka bobot diatas maka dilakukan analisa indeks dalam metode zero-one.

Menurut Ir. Julianus H, MSIE (1995) dalam Listiono (2011), metode zero-one adalah salah satu cara pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan urutan prioritas fungsi-fungsi (kriteria). Prinsip metode ini adalah menentukan relativitas suatu fungsi “lebih penting” atau “kurang penting” terhadap fungsi lainnya. Fungsi yang “lebih penting” diberi nilai satu (one), sedangkan nilai yang “kurang penting” diberi nilai nol (zero). Kemudian dengan menghadirkan referensi perbandingan maka akhirnya didapatkan indeks untuk masing-masing kriteria yang nantinya menjadi parameter perhitungan dalam penentuan nilai pengambilan keputusan untuk masing-masing alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Keuntungan metode ini adalah mudah dimengerti dan pelaksanaannya cepat dan mudah.

Preferensi alternatif untuk kriteria biaya adalah sebagai berikut :

Alternatif	Preferensi
A	$A > B : A > C$
B	$B < A : B > C$
C	$C < A : C < B$

Preferensi alternatif untuk kriteria kemudahan adalah sebagai berikut :

Alternatif	Preferensi
A	$A > B : A > C$
B	$B < A : B > C$
C	$C < A : C < B$

Dan seterusnya.

Pada tahap pengambilan keputusan menggunakan dua metode zero-one yang berbeda, yaitu metode zero-one mencari bobot untuk kriteria yang disuliskan dan metode zero-one untuk mencari indeks.

Untuk penentuan angka ranking dilakukan dengan cara terbalik tergantung jumlah fungsi yang dihadirkan dan perankingan diberi nilai yang tertinggi untuk fungsi yang diprioritaskan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat metode zero-one untuk mencari bobot dan metode zero-one untuk mencari indeks dapat dilihat pada tabel 3.6. dan tabel 3.7.

Tabel 3.6. Metode Zero One untuk Mencari Bobot

No	Fungsi	Ranking	Bobot	Keterangan
1	Biaya	3	50	Prioritas Tinggi
2	Pelaksanaan Cepat	2	33,33	Prioritas Sedang
3	Mudah	1	16,17	Prioritas Rendah
Jumlah angka ranking		6	100	

Sumber: diolah oleh penulis

Tabel 3.7. Metode Zero One untuk Mencari Indeks

Alternatif	Fungsi	Ranking	Bobot	Jumlah	Keterangan
	A	B	C		
Alt. 1	X	1	1	2	2/3
Alt. 2	0	X	1	1	1/3
Alt. 3	0	0	X	0	0

Sumber: diolah oleh penulis

Keterangan:

- 1 = Lebih penting
- 0 = Kurang penting
- X = Fungsi yang sama

Cara pelaksanaan metode zero-one ini adalah dengan mengumpulkan fungsi-fungsi yang tingkatannya sama, kemudian disusun dalam suatu matriks zero-one yang berbentuk bujursangkar. Kemudian dilakukan penilaian fungsi-fungsi secara berpasangan, sehingga ada matriks akan terisi X. Nilai-nilai pada matriks ini kemudian dijumlah menurut baris dan dikumpulkan pada kolom jumlah.

Sebagai contoh untuk matriks diatas pada baris 1 kolom 2 bernilai 1, artinya fungsi A lebih penting dari fungsi B. Sebaliknya baris 2 kolom 1 bernilai 0. Dari

matriks diatas diperoleh urutan prioritas adalah A, B, dan C (berdasarkan jumlah nilai). Akhirnya pemakaian metode zero-one ini digunakan secara terus menerus untuk semua alternatif terhadap fungsi yang dimilikinya hingga diketahui nilai indeksinya.

6. Tahapan Proposal

Pada tahap ini alternatif-alternatif terpilih dari tahap yang sebelumnya telah dibuat program pengembangannya, sampai menjadi usulan yang lengkap. Sebagai contoh perhitungan besar dan persentase penghematan yang diperoleh dari pengembangan tersebut

7. Tahapan Rekomendasi atau Presentasi

Tahapan ini memberikan rekomendasi yang dapat berupa presentasi secara tertulis atau lisan dari alternatif yang sudah dipilih. Dalam tahap rekomendasi dapat juga berisi usulan alternatif yang direkomendasikan beserta dasar pertimbangan. Hal-hal yang dilaporkan adalah mengenai :

- Model desain dan spesifikasi
- Alat-alat analisis
- Pilihan alternatif
- Penjelasan fungsi masing-masing komponen dan keseluruhan komponen, sebelum dan sesudah dilakukan studi VE.
- Perubahan desain yang diusulkan
- Perubahan biaya
- Total penghematan biaya yang diperoleh
- Konsep pemilihan alternatif

3.8. WAKTU PENELITIAN

Penyusunan tesis ini dilakukan pada bulan Oktober 2020 sampai dengan bulan November 2020.

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. GAMBARAN UMUM OBYEK PENELITIAN

Obyek penelitian terletak di kawasan RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep.



Gambar 4.1. Lokasi Obyek Penelitian
(Sumber : Google Earth, diolah oleh penulis)

4.1.1. Data Umum Obyek

RSUD. Dr. H. Anwar Kabupaten Sumenep merupakan fasilitas kesehatan berupa Rumah Sakit milik Pemerintah Kabupaten Sumenep yang berada di Kabupaten Sumenep. Rumah Sakit yang berdiri sejak 30 tahun yang lalu ini melayani pasien dari seluruh Kabupaten Sumenep, termasuk wilayah kepulauannya.

Obyek penelitian ini sendiri merupakan bagian dari sarana yang di RSUD Dr. H. Moh. Anwar, yaitu gedung OK Sentral dan ICU RSUD Dr. H. Moh. Anwar. Dimana secara fungsi, gedung ini merupakan ‘jantung’ kegiatan operasional RSUD. Merupakan bangunan gedung 2 lantai plus roof top yang diperuntukkan untuk fasilitas OK Sentral dan Intensive Care Unit (ICU) dan menjadi salah satu bagian paling vital dalam kegiatan operasional rumah sakit ini.

Biaya pembangunan gedung ini adalah sebesar **Rp. 15.500.000.000** (*lima belas milyar lima ratus juta rupiah*) untuk pembangunan gedung 2 lantai berikut rooftop dengan luasan sekitar ± 1560 m², yang berasal dari APBD Kabupaten Sumenep.

Adapun ringkasan data proyek yang didapat untuk dianalisa dalam tulisan ini adalah sebagaimana berikut :

- Nama Gedung : Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep
- Pemilik : Pemerintah Kabupaten Sumenep
- Nilai Proyek : Rp. 15.500.000.000.-
- Jenis Kontrak : Unit Price
- Lokasi Proyek : Jl. Dr. Cipto No. 42, Kolor, Kabupaten Sumenep
- Jumlah Lantai : 2 lantai dan rooftop
- Luas Lantai : ± 1560 m²
- Struktur : Komposit Baja dan Beton Bertulang
- Perencana : CV. Matra Cipta, Surabaya
- Review Desain : CV. Multidecons Konsulindo, Sumenep
- Kontraktor : PT. Trisna Karya, Surabaya
- Pengawas : CV. Cipta Graha, Tulungagung
- Pelaksanaan : 6 (enam) bulan

4.1.2. Fungsi Bangunan

Bangunan ini nantinya akan difungsikan sebagai unit Intensive Care Unit (ICU) rumah sakit pada lantai 1-nya, dan lantai 2-nya akan difungsikan sebagai Unit OK Sentral yang terdiri atas 4 unit ruang operasi, dengan 1 unit ruang OK untuk operasi mayor dan sisanya untuk operasi minor. Sedangkan roof top akan difungsikan sebagai fungsi pendukung kedua unit ini termasuk untuk ruang servis, mengingat fasilitas gedung ini juga terdapat MOT dan alat transportasi vertikal berupa lift.

Unit atau gedung ini nantinya akan terhubung dengan unit-unit lainnya, mulai dari IRNA, Instalasi Rawat Jalan sampai dengan Radiologi.

4.1.3. Lingkup Pekerjaan

Pembangunan gedung OK Sentral ini, akan meliputi beberapa lingkup pekerjaan mulai dari Struktur, Arsitektur, Mekanikal maupun Elektrikal serta Plumbing. Termasuk di dalamnya penataan dan pembuangan sarana pembuangan

dan pengelolaan limbah rumah sakit, baik limbah padat, limbah cair, limbah medis sampai dengan limbah yang mengandung bahan-bahan kimia berbahaya.

Pekerjaan struktur meliputi pekerjaan pondasi dalam dan sistem struktur bangunan, dimana pondasi direncanakan akan menggunakan pondasi tiang pancang (mini pile) dan konstruksinya akan menggunakan metode beton komposit, dimana konstruksi baja dikombinasikan dengan beton untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

Pekerjaan Arsitektur meliputi pekerjaan pemasangan sampai dengan finishing serta interior. Dimulai dengan pekerjaan pemasangan yang menggunakan pasangan bata ringan sampai dengan finishing dinding dan lantai yang menggunakan plesteran dan lantai granit.

Pada bagian ICU dan OK Sentral, sesuai syarat ruangnya menggunakan bahan finishing lapis Vinyl pada lantai dan sebagian dindingnya.

Untuk Pekerjaan Mekanikal, ruang lingkungnya meliputi pemasangan alat transportasi vertikal berupa passenger lift, serta pemasangan Modular Operating Theatre (MOT) pada unit-unit OK-nya.

Sedangkan untuk pekerjaan Elektrikal dan Plumbing meliputi pekerjaan instalasi listrik, instalasi pemadam kebakaran, sampai dengan instalasi gas medis yang terdiri atas gas sentral sampai dengan distribusinya.

Tabel 4.1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar
Kabupaten Sumenep

NO.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp. 93.708.016,85
II	PEKERJAAN TANAH	Rp. 385.312.363,35
III	PEKERJAAN PASANGAN	
	- Pekerjaan Pasangan Lt. 01	Rp. 117.806.132,88
	- Pekerjaan Pasangan Lt. 02	Rp. 162.111.433,80
	- Pekerjaan Pasangan Lt. 03	Rp. 7.385.301,96
IV	PEKERJAAN PLESTERAN DAN SCREEDING	
	- Pek. Plesteran dan Screeding Lt. 01	Rp. 174.641.532,03
	- Pek. Plesteran dan Screeding Lt. 02	Rp. 271.131.755,46
	- Pek. Plesteran dan Screeding Lt. 03	Rp. 21.392.798,79
V	PEKERJAAN PONDASI, BETON DAN BAJA KOMPOSIT	Rp. 5.314.255.611,10
VI	PEKERJAAN KAYU HALUS, KUSEN, PINTU, JENDELA DAN PENGGANTUNG	

	- Pek. Kayu Halus, Kusen, Pintu, Jendela dan Penggantung Lt. 01	Rp.	294.986.104,58
	- Pek. Kayu Halus, Kusen, Pintu, Jendela dan Penggantung Lt. 02	Rp.	282.653.087,53
	- Pek. Kayu Halus, Kusen, Pintu, Jendela dan Penggantung Lt. 03	Rp.	7.084.792,90
VII	PEKERJAAN RANGKA DAN PENUTUP ATAP	Rp.	767.494.300,11
VIII	PEKERJAAN RANGKA DAN PENUTUP LANGIT-LANGIT		
	- Pekerjaan Rangka dan Penutup Langit-langit Lt. 01	Rp.	125.326.125,95
	- Pekerjaan Rangka dan Penutup Langit-langit Lt. 02	Rp.	97.519.471,38
	- Pekerjaan Rangka dan Penutup Langit-langit Lt. 03	Rp.	3.638.251,00
IX	PEKERJAAN SANITASI DAN PERPIPAAN		
	- Pekerjaan Sanitasi dan Perpipaan Lt. 01	Rp.	164.141.793,28
	- Pekerjaan Sanitasi dan Perpipaan Lt. 02	Rp.	223.459.273,31
	- Pekerjaan Sanitasi dan Perpipaan Lt. 03	Rp.	11.789.375,69
X	PEKERJAAN BESI NON STRUKTUR DAN STAINLESS STEEL	Rp.	54.130.500,00
XI	PEKERJAAN PENUTUP LANTAI DAN DINDING		
	- Pekerjaan Penutup Lantai dan Dinding Lt. 01	Rp.	338.438.426,26
	- Pekerjaan Penutup Lantai dan Dinding Lt. 02	Rp.	292.536.457,50
	- Pekerjaan Penutup Lantai dan Dinding Lt. 03	Rp.	1.350.745,73
XII	PEKERJAAN PENGECATAN		
	- Pekerjaan Pengecatan Lt. 01	Rp.	72.756.950,24
	- Pekerjaan Pengecatan Lt. 02	Rp.	102.238.199,16
	- Pekerjaan Pengecatan Lt. 03	Rp.	19.893.986,67
XIII	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL		
	- Pekerjaan Instalasi Listrik. Lt. 01	Rp.	62.150.925,00
	- Pekerjaan Instalasi Listrik. Lt. 02	Rp.	69.736.775,00
	- Pekerjaan Instalasi Listrik. Lt. 03	Rp.	940.650,00
	- Pekerjaan Panel Listrik. Lt. 01	Rp.	9.432.800,00
	- Pekerjaan Panel Listrik. Lt. 02	Rp.	1.885.500,00
	- Pekerjaan Wiring antar Panel Lt. 01	Rp.	321.000,00
	- Pekerjaan Wiring antar Panel Lt. 02	Rp.	770.400,00
	- Pekerjaan Instalasi Telepon	Rp.	2.518.762,50
	- Pekerjaan Instalasi AC/Air Conditioner	Rp.	585.120,00
	- Pekerjaan Instalasi Penangkal Petir	Rp.	8.884.400,00

	- Pekerjaan Instalasi Transportasi Dalam Gedung / Lift	Rp.	783.300.000,00
IX	PEKERJAAN INSTALASI GAS MEDIS	Rp.	1.546.298.855,66
X	PEKERJAAN INSTALASI MODULAR OPERATING THEATRE/MOT	Rp.	2.298.180.000,00
	JUMLAH TOTAL BKF	Rp.	14.091.030.253,25
	PPN (10%)	Rp.	1.409.103.025,33
	JUMLAH KESELURUHAN	Rp.	15.500.133.278,58
	PEMBULATAN	Rp.	15.500.000.000,00
	Terbilang : === lima belas milyar lima ratus juta rupiah ===		

Sumber : *Engineering Estimate (EE) perencanaan*

4.2. PENERAPAN VALUE ENGINEERING

4.2.1. Tahap Informasi

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data dan informasi mengenai hasil perencanaan sampai dengan kontrak pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep baik secara umum maupun yang bersifat lebih mendetail. Selanjutnya dari data-data yang ada, khususnya dari Rencana Anggaran Biaya (RAB), dapat dilakukan identifikasi terhadap item-item pekerjaan berbiaya tinggi maupun identifikasi terhadap item-item pekerjaan yang tidak diperlukan.

4.2.2. Tahap Identifikasi Item Pekerjaan Berbiaya Tinggi

Tahapan selanjutnya, dalam Value Engineering yang dilakukan ini adalah melakukan identifikasi terhadap pekerjaan berbiaya tinggi di dalam rencana pelaksanaan pekerjaan. Salah satu cara untuk melakukan identifikasi adalah dengan menggunakan Analisis Pareto (*Pareto's Law*) yang menghasilkan Diagram Pareto. Diagram Pareto merupakan salah satu *analysis tool* (alat analisis) dari 7 alat yang sering digunakan dalam hal pengendalian mutu.

Kali ini Analisis Pareto dilakukan untuk mengetahui biaya tertinggi pada item pekerjaan proyek yang menjadi obyek penelitian yaitu Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep. Langkah-langkah dalam pengujian hukum Pareto adalah sebagai berikut :

1. Mengurutkan item pekerjaan, dengan urutan dimulai dari biaya yang terbesar sampai dengan yang memiliki biaya terkecil.
2. Menjumlahkan biaya pekerjaan total secara kumulatif.
3. Menghitung persentase biaya tiap item pekerjaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase Biaya Pekerjaan} = \frac{\text{Biaya Pekerjaan}}{\text{Total Biaya Keseluruhan}} \times 100\%$$

4. Menghitung persentase komponen pekerjaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase Komponen Pekerjaan} = \frac{1}{\text{Total Komponen Pekerjaan}} \times 100\%$$

5. Selanjutnya kemudian dilakukan perhitungan Kumulatif Persentase atas biaya komponen total.
6. Membuat plot kumulatif persentase biaya komponen total dan komponen pekerjaan.
7. Membuat plot biaya total dan komponen pekerjaan

Perhitungan *initial breakdown cost model* dilakukan berdasarkan biaya item-item pekerjaan pada proyek ini, yang kemudian bisa diketahui biaya dari tiap item pekerjaan dari yang tertinggi sampai yang terendah dengan menggunakan analisis distribusi hukum Pareto sesuai dengan tinggi rendahnya biaya pada tiap-tiap pekerjaan.

Hasil perhitungan breakdown cost model untuk rencana anggaran biaya pembangunan proyek ini ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.2. Initial Breakdown Cost Model

No	Uraian Pekerjaan	Persentase (%)	Biaya/Cost
1	PEKERJAAN PONDASI, BETON DAN BAJA KOMPOSIT	37,71	5.314.255.611,10
2	PEKERJAAN INSTALASI MODULAR OPERATING THEATRE/MOT	16,31	2.298.180.000,00
3	PEKERJAAN INSTALASI GAS MEDIS	10,97	1.546.298.855,66
4	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL	6,67	940.526.332,50
5	PEKERJAAN RANGKA DAN PENUTUP ATAP	5,45	767.494.300,11
6	PEKERJAAN PENUTUP LANTAI DAN DINDING	4,49	632.325.629,48
7	PEKERJAAN KAYU HALUS, KUSEN, PINTU, JENDELA DAN PENGGANTUNG	4,15	584.723.985,02
8	PEKERJAAN PLESTERAN DAN SCREEDING	3,32	467.166.086,27

9	PEKERJAAN SANITASI DAN PERPIPAAN	2,83	399.390.442,27
10	PEKERJAAN TANAH	2,73	385.312.363,35
11	PEKERJAAN PASANGAN	2,04	287.302.868,64
12	PEKERJAAN PENGECATAN	1,38	194.889.136,06
13	PEKERJAAN RANGKA DAN PENUTUP LANGIT-LANGIT	0,90	125.326.125,95
14	PEKERJAAN PERSIAPAN	0,67	93.708.016,85
15	PEKERJAAN BESI NON STRUKTUR DAN STAINLESS STEEL	0,38	54.130.500,00
	TOTAL	100	14.091.030.253,25

Sumber: *Engineering Estimate (EE)* diolah oleh penulis, 2020

Setelah didapatkan Initial Break Cost Model, dilanjutkan dengan perhitungan atas persentase komponen pekerjaan maupun perhitungan kumulatif persentase atas biaya komponen total, untuk mendapatkan data sebagaimana berikut ini :

Tabel 4.3. Tabel Perhitungan Hukum Distribusi Pareto

No	Uraian Pekerjaan	Biaya/Cost	Biaya Kumulatif/Cost Kumulatif	Persentase Item Pekerjaan Kumulatif (%)	Persentase Biaya/Cost Kumulatif (%)
I	Pek. Pondasi, Beton dan Baja Komposit	5.314.255.611,10	5.314.255.611,10	6,67	37,71
II	Pek. Instalasi Modular Operating Theatre/MOT	2.298.180.000,00	7.612.435.611,10	13,33	54,02
III	Pek. Instalasi Gas Medis	1.546.298.855,66	9.158.734.466,76	20,00	65,00
IV	Pek. Mekanikal dan Elektrikal	940.526.332,50	10.099.260.799,26	26,67	71,67
V	Pek. Rangka dan Penutup Atap	767.494.300,11	10.866.755.099,37	33,33	77,12
VI	Pek. Penutup Lantai dan Dinding	632.325.629,48	11.499.080.728,85	40,00	81,61
VII	Pek. Kayu Halus, Kusen, Pintu, Jendela dan Penggantung	584.723.985,02	12.083.804.713,86	46,67	85,76
VIII	Pek. Plesteran dan Screeding	467.166.086,27	12.550.970.800,13	53,33	89,07

IX	Pek. Sanitasi dan Perpipaan	399.390.442,27	12.950.361.242,41	60,00	91,90
X	Pek. Tanah	385.312.363,35	13.335.673.605,76	66,67	94,64
XI	Pek. Pasangan	287.302.868,64	13.622.976.474,40	73,33	96,68
XII	Pek. Pengecatan	194.889.136,06	13.817.865.610,46	80,00	98,06
XIII	Pek. Rangka dan Penutup Langit-langit	125.326.125,95	13.943.191.736,41	86,67	98,95
XIV	Pek. Persiapan	93.708.016,85	14.036.899.753,25	93,33	99,62
XV	Pek. Besi Non Struktur dan Stainless Steel	54.130.500,00	14.091.030.253,25	100,00	100,00

Sumber: diolah oleh penulis,2020

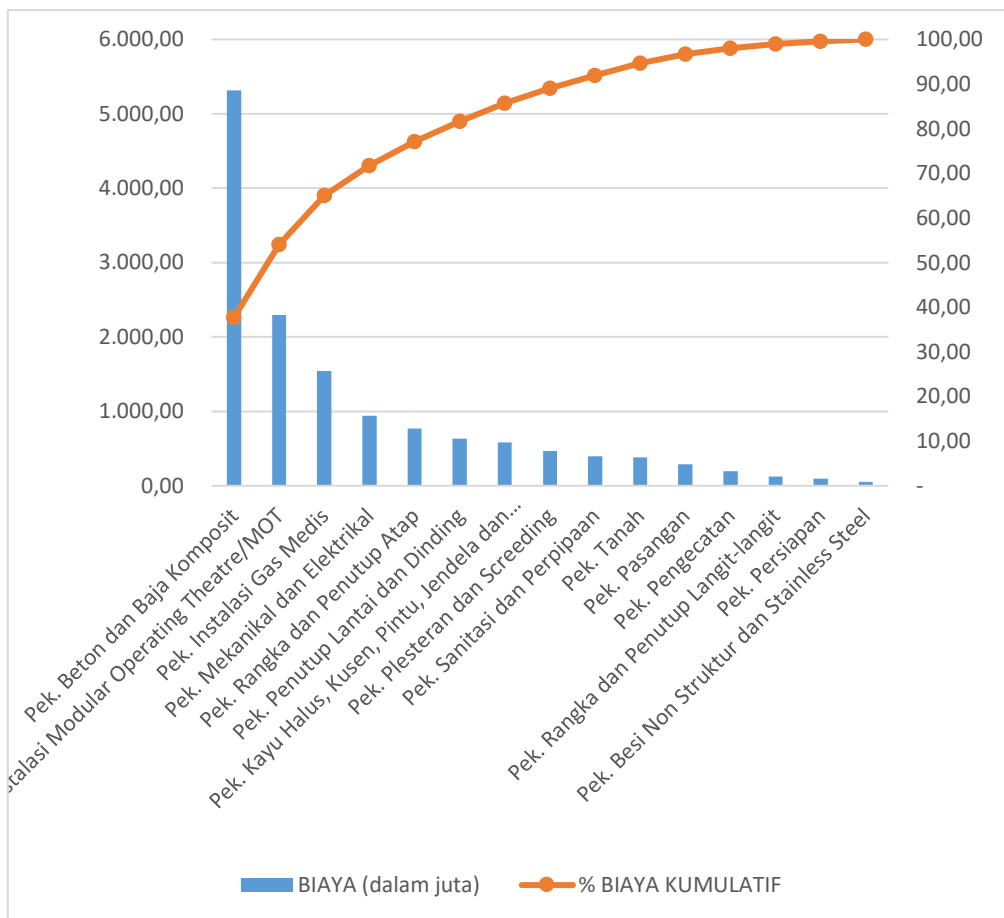


Diagram 4.1. Diagram Pareto

Sumber: diolah oleh penulis,2020

Hukum distribusi Pareto menyatakan bahwasanya 80% biaya total secara normal terjadi pada 20% item pekerjaan. Diagram 4.1. di atas menggambarkan grafik/diagram hukum distribusi Pareto yang dihasilkan atas tabel 4.3. yang memuat perhitungan distribusi Pareto.

Melalui analisis awal Pareto ini, dijabarkan secara global terhadap komponen-komponen pekerjaan rencana, dimana setelah didapatkan hasil dari alternatif pilihan komponen yang akan dilakukan penghematan, maka akan kembali dilakukan analisis Pareto terhadap komponen besar tersebut.

Berdasarkan hasil Analisis Pareto diatas, maka dari keseluruhan biaya pekerjaan pembangunan sebagaimana kontrak kerja terlihat bahwa pada proyek Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh Anwar ini terdapat item pekerjaan dengan bobot terbesar yang terletak pada Pekerjaan Beton dan Baja Komposit atau bagian Pekerjaan Struktur dengan persentase pekerjaan mencapai 37,71% dari nilai pekerjaan secara keseluruhan. Selanjutnya, dari item komponen pekerjaan tersebut akan dilakukan analisis kembali dengan menggunakan Hukum Distribusi Pareto.

Hasil analisis Pareto untuk item Pekerjaan Struktur ditampilkan dalam tabel-tabel sebagaimana berikut ini :

Tabel 4.4. Breakdown Cost Model untuk Pekerjaan Struktur

No	Uraian Pekerjaan	Persentase (%)	Item Cost
1	Pek. Struktur Lt. 01	43,37	2.361.737.232,60
2	Pek. Pondasi	32,73	1.782.277.373,59
3	Pek. Struktur Lt. 02	17,06	929.107.079,06
4	Pek. Struktur Lt. 03	4,43	241.133.925,84
5	Pek. Galian Tanah Pondasi	2,04	111.197.496,83
6	Pek. Urug Kembali Galian	0,36	2.361.737.232,60
	TOTAL	100	5.445.105.461,95

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Tabel 4.5. Tabel Perhitungan Hukum Distribusi Pareto untuk Pekerjaan Struktur

No	Uraian Pekerjaan	Biaya/Cost	Biaya Kumulatif/Cost Kumulatif	Persentase Item Pekerjaan Kumulatif (%)	Persentase Biaya/Cost Kumulatif (%)
1	Pek. Struktur Lt. 01	2.361.737.232,60	2.361.737.232,60	16,67	43,37
2	Pek. Pondasi	1.782.277.373,59	4.144.014.606,19	33,33	76,11
3	Pek. Struktur Lt. 02	929.107.079,06	5.073.121.685,26	50,00	93,17
4	Pek. Struktur Lt. 03	241.133.925,84	5.314.255.611,10	66,67	97,60
5	Pek. Galian Tanah Pondasi	111.197.496,83	5.425.453.107,92	83,33	99,64
6	Pek. Urug Kembali Galian	19.652.354,03	5.445.105.461,95	100,00	100,00

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari perhitungan distribusi tersebut selanjutnya dibuatkan analisis dalam bentuk Diagram Pareto untuk pekerjaan struktur sebagai berikut :

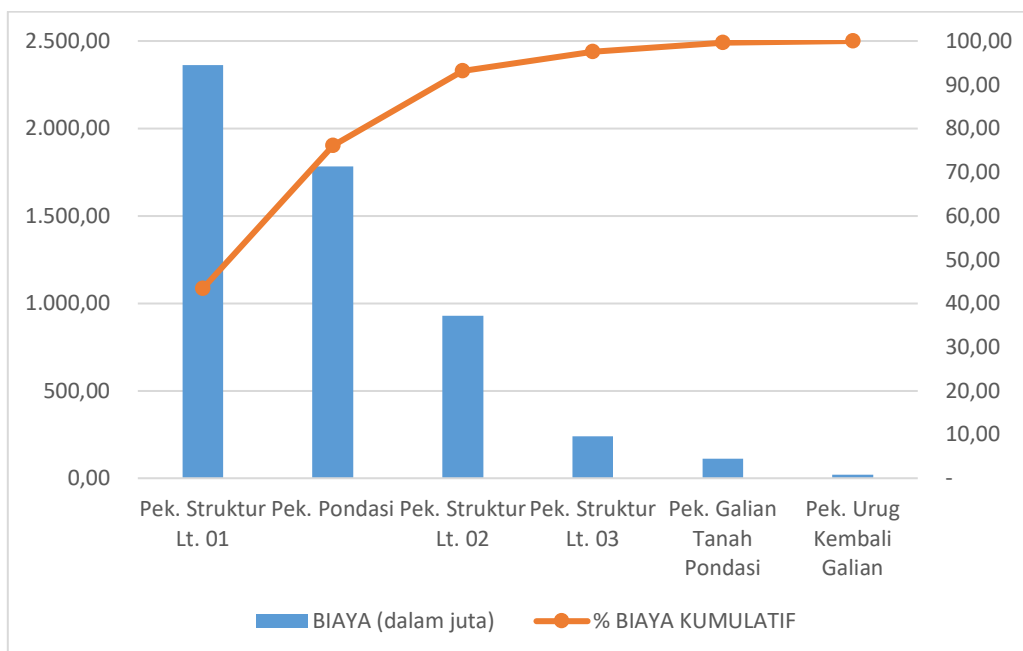


Diagram 4.2. Diagram Pareto untuk Item Pekerjaan Struktur

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Berdasarkan hasil analisis Pareto atas item pekerjaan struktur, didapatkan data pekerjaan yang memiliki bobot nilai terbesar terletak pada pekerjaan struktur lantai 1, kemudian diikuti oleh pekerjaan pondasi dan seterusnya.

Mengingat penelitian ini diarahkan dan dibatasi hanya untuk pekerjaan pondasi, maka selanjutnya metode dan tahapan breakdown cost model ini dilanjutkan dan dipilih item pekerjaan pondasi untuk dianalisis kembali, dengan hasil sebagaimana berikut :

Tabel 4.6. Breakdown Cost Model untuk Pekerjaan Pondasi

No	Uraian Pekerjaan	Persentase (%)	Item Cost
1	Beton Rib Konstruksi (RK) t = 15 cm	26,90	514.600.569,78
2	Beton Plat Pondasi Konstruksi t = 17 cm	26,83	513.384.883,66
3	Memasang Bekisting untuk Pondasi	20,33	389.004.998,14
4	Beton Rib Settlement (RS) t = 15 cm	14,10	269.714.011,41
5	Pek. Galian Tanah Pondasi	5,81	111.197.496,83
6	Membuat Lantai Kerja	5,00	95.572.910,61
7	Pek. Urug Kembali Galian	1,03	19.652.354,03
	TOTAL	100	1.913.127.224,44

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Tabel 4.7. Tabel Perhitungan Hukum Distribusi Pareto untuk Pekerjaan Pondasi

No	Uraian Pekerjaan	Biaya/Cost	Biaya Kumulatif/Cost Kumulatif	Persentase Item Pekerjaan Kumulatif (%)	Persentase Biaya/Cost Kumulatif (%)
1	Beton Rib Konstruksi (RK) tebal = 15 cm	514.600.569,78	514.600.569,78	14,29	26,90
2	Beton Plat Pondasi Konstruksi tebal = 17 cm	513.384.883,66	1.027.985.453,44	28,57	53,73
3	Memasang Bekisting untuk Pondasi	389.004.998,14	1.416.990.451,58	42,86	74,07
4	Beton Rib Settlement (RS) tebal = 15 cm	269.714.011,41	1.686.704.462,99	57,14	88,16
5	Pek. Galian Tanah Pondasi	111.197.496,83	1.797.901.959,81	71,43	93,98

6	Membuat Lantai Kerja	95.572.910,61	1.893.474.870,42	85,71	98,97
7	Pek. Urug Kembali Galian	19.652.354,03	1.913.127.224,44	100,00	100,00

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari perhitungan distribusi untuk pekerjaan pondasi tersebut selanjutnya dimasukkan dalam bentuk Diagram Pareto untuk pekerjaan pondasi sebagai berikut :

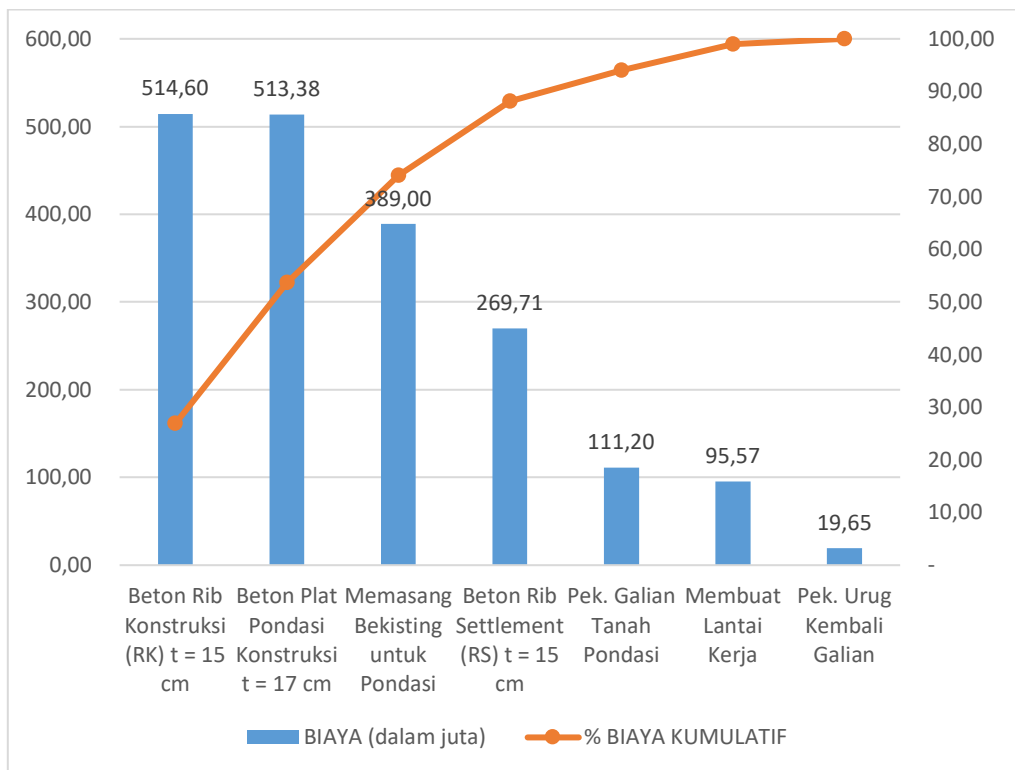


Diagram 4.3. Diagram Pareto untuk Pekerjaan Pondasi

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari hasil analisis Pareto pada pekerjaan pondasi sebagaimana ditampilkan pada tabel dan diagram diatas, diperoleh kesimpulan awal bahwa item pekerjaan pada sub pekerjaan pondasi yang memiliki bobot pekerjaan terbesar atau pekerjaan yang paling dominan untuk pekerjaan pondasi adalah pada pekerjaan

Beton Rib Konstruksi (RK) tebal 15 cm, diikuti pekerjaan Beton Plat Pondasi Konstruksi tebal 17 cm.

4.2.3. Tahap Analisis Fungsi

Tahap berikutnya dalam penerapan *value engineering* ini adalah tahap analisis fungsi yang merupakan bagian dari rangkaian investigasi yang bertujuan untuk mengklasifikasikan fungsi utama (*basic function*) serta fungsi-fungsi penunjangnya (*secondary function*).

Tahap analisis fungsi ini bisa dikatakan sebenarnya merupakan basis utama didalam *value engineering* karena analisis inilah yang membedakan VE dari teknik-teknik efisiensi biaya lainnya.

Fungsi diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi yang terdiri dari dua kata, yaitu kata kerja dan kata benda. Kata kerja yang digunakan adalah kata kerja aktif (*active verb*) dan kata benda yang digunakan adalah kata benda yang terukur (*measurable noun*)⁴. Secara umum fungsi dibedakan menjadi fungsi primer dan fungsi sekunder. **Fungsi primer** adalah fungsi, tujuan atau prosedur yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi serta suatu identitas dari suatu produk tersebut dan tanpa fungsi tersebut produk tidak mempunyai kegunaan sama sekali. **Fungsi sekunder** adalah fungsi pendukung yang mungkin dibutuhkan untuk melengkapi fungsi dasar agar mempunyai nilai yang baik. Analisis fungsi mempunyai tujuan untuk :

- Mengidentifikasi fungsi-fungsi utama (sesuai dengan kebutuhan) dan menghilangkan fungsi-fungsi yang tidak diperlukan.
- Agar perancang dapat mengidentifikasi komponen-komponen dan menghasilkan komponen-komponen yang diperlukan.

Penggunaan analisis Pareto sendiri pada prinsipnya merupakan proses seleksi item pekerjaan yang memiliki potensi biaya terbesar dalam suatu pekerjaan. Analisis ini dipergunakan untuk membantu kita agar fokus pada permasalahan tertentu, namun tetap memberikan implikasi yang besar terhadap efisiensi biaya dan waktu.

Sehingga setelah item pekerjaan yang berpotensi untuk dilakukan VE telah diperoleh melalui analisis ini, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan suatu proses analisis fungsi dengan menggunakan persamaan ratio Cost/Worth

⁴ Donomartono, 1999. Aplikasi Value Engineering Guna Mengoptimalkan Biaya Pada Tahap Perencanaan Konstruksi Gedung Dengan Struktur Balok Beton Pratekan

(C/W) dimana persamaan ini menganalisis antara biaya elemen terhadap biaya fungsi elemen tersebut.

Index Function Analysis = Cost/Worth

Dalam persamaan ini, **Cost** merupakan biaya total dari suatu item pekerjaan dan **Worth** merupakan bentuk biaya yang hanya memiliki nilai fungsi terhadap item pekerjaan tersebut. Dalam tahap analisis fungsi jika nilai index diperoleh 1-2 maka pada umumnya dari beberapa referensi item pekerjaan tersebut memiliki potensi dilakukan rekayasa VE. Sedangkan jika hasil rasio cost/worth > 2 maka tidak perlu dilakukan *value engineering* dikarenakan *worth*-nya tidak ada atau nilai $<$ biaya.

Melalui analisis Pareto yang dilakukan untuk obyek dan sasaran penelitian ini, terpilih beberapa komponen pekerjaan yang berbiaya tinggi, yaitu pekerjaan struktur yang terbagi atas struktur bawah bangunan (*lower structure*) dan struktur atas bangunan (*upper structure*). Namun mengingat penelitian ini dibatasi pada pekerjaan struktur bawah, khususnya terhadap pondasi, terhadap item pekerjaan inilah yang akan dilakukan analisis fungsi.

Menurut pengertiannya, maka pondasi merupakan struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid).

Pondasi dalam suatu bangunan konstruksi mempunyai peranan penting karena berfungsi sebagai penahan atau penopang beban bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah yang ada dibawahnya.

Perencanaan dalam pemilihan pondasi suatu bangunan ditentukan berbagai faktor, antara lain jenis tanah, kekuatan dan daya dukung tanah dan beban bangunan itu sendiri. Pada tanah yang memiliki daya dukung baik, maka pondasinya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya labil dan memiliki daya dukung yang jelek, maka penentuan pondasinya juga harus direncanakan secara lebih teliti.

Fungsi Pondasi dalam suatu konstruksi bangunan adalah harus mampu menahan beban :

- Beban horizontal/beban geser, seperti beban akibat gaya tekan tanah;

- Beban mati/*dead load*, atau berat sendiri bangunan;
- Beban hidup/*live load*, atau beban sesuai fungsi bangunan;
- Beban gempa;
- Beban angin;
- Gaya angkat air;
- Momen dan torsi.

Tabel 4.8. Analisis Fungsi

NO	DESKRIPSI	FUNGSI			COST	WORTH
		VERB	NOUN	KIND		
1	Beton Rib Konstruksi (RK) t = 15 cm	Menahan	Beban	Primer	514.600.569,78	514.600.569,78
		Menyalurkan	Tegangan /Gaya	Primer		
2	Beton Plat Pondasi Konstruksi t = 17 cm	Menerima	Beban	Primer	513.384.883,66	513.384.883,66
		Menahan	Beban	Primer		
		Menyalurkan	Beban	Sekunder		
3	Memasang Bekisting untuk Pondasi	Mencetak	Beton	Primer	389.004.998,14	389.004.998,14
4	Beton Rib Settlement (RS) t = 15 cm	Menahan	Beban	Primer	269.714.011,41	269.714.011,41
		Menahan	Tanah	Primer		
		Menyalurkan	Tegangan /Gaya	Sekunder		
5	Pek. Galian Tanah Pondasi	Menggali	Tanah	Sekunder	111.197.496,83	
6	Membuat Lantai Kerja	Meratakan	Lahan	Sekunder	95.572.910,61	
		Menahan	Pondasi	Sekunder		
		Menahan	Gaya Angkat	Sekunder		
7	Pek. Urug Kembali Galian	Mengurug	Tanah	Sekunder	19.652.354,03	
TOTAL					1.913.127.224,44	1.686.704.462,99
COST / WORTH RATIO					1,13	

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari hasil analisis fungsi yang dilakukan tersebut di atas, diatas menunjukan bahwa perbandingan rasio cost/worth-nya adalah **1,13** (rasio < 2), maka kemudian dapat disimpulkan bahwa pada **pekerjaan pondasi** pembangunan Gedung OK

Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten ini bisa untuk dilakukan *value engineering*.

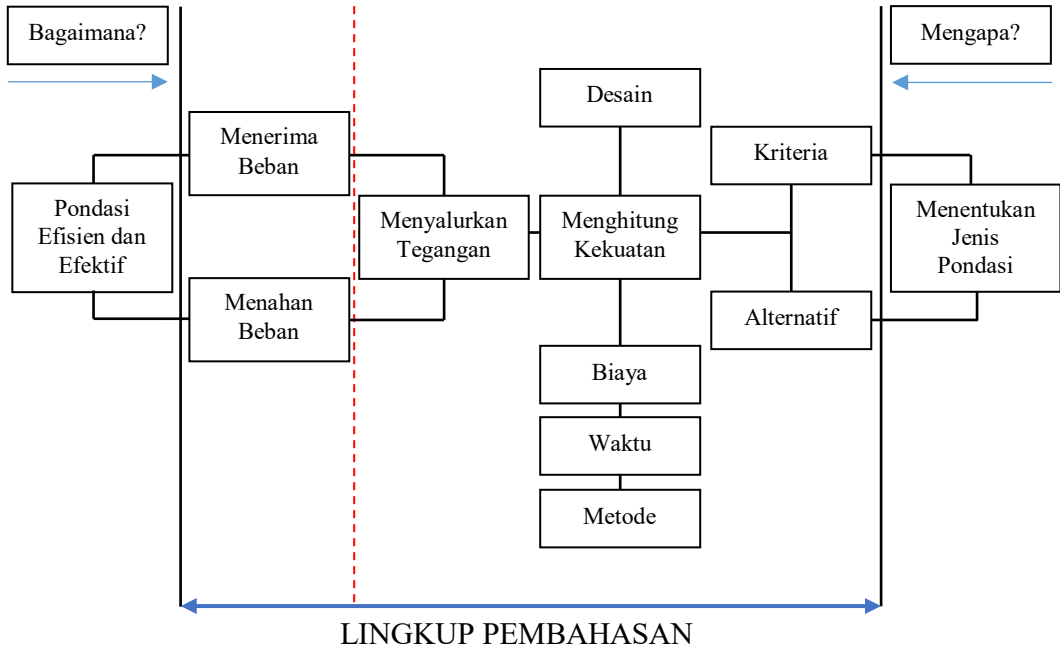


Diagram 4.4. Diagram FAST

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

4.2.4. Tahap Kreatif

Tahap ini dilaksanakan dengan melakukan pendekatan kreatif dengan cara menggali dan mengemukakan ide-ide sebanyak mungkin, karena semakin banyak ide, maka akan semakin banyak pula kemungkinan suksesnya studi Value Engineering/Rekayasa Nilai. Teknik penggalan gagasan untuk memecahkan permasalahan dan mengemukakan ide antara lain dengan melakukan *brainstorming* ataupun dengan melakukan riset dan perbandingan-perbandingan.

Pada tahap ini, mulai dilakukan penilaian atau keputusan (*judgement*) yang pada tahap sebelumnya sengaja tidak diadakan agar pemikiran yang kreatif tidak terhalang. Pada tahap ini dilakukan analisis pada kriteria yang ada. Analisis ini meliputi dua tahap, yaitu tahap pertama menganalisis dengan metode untung rugi dan kelayakan, selanjutnya tahap kedua dievaluasi dengan analisis matrik.

Pada tahapan kreatif ini ide-ide digali dan dikumpulkan sebagai alternatif – alternatif dan gagasan untuk mencapai fungsi dasar yang harus dipenuhi.

Guna menggali ide-ide kreatif mengenai pemilihan alternatif jenis pondasi yang efektif dan efisien, maka pertama kali perlu diidentifikasi dan diinventarisir jenis-jenis pondasi sesuai fungsi dan karakteristiknya. Yang paling, tentunya dapat dikategorikan berdasarkan **kondisi tanahnya**, dalam hal ini adalah kedalaman ataupun daya dukung tanah di lokasi. Berdasarkan kriteria ini, maka jenis pondasi dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

Kemudian dari pembagian jenis pondasi berdasarkan kondisi tanah ini, dapat dibedakan lagi menjadi :

1. **Pondasi dangkal**

Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak terlalu dalam, atau antara 2-3 meter dari atas permukaan tanah

Jenis-jenis pondasi dangkal, antara lain :

- a. Pondasi pasangan batu kali/gunung menerus
- b. Pondasi telapak/foot plat
- c. Pondasi telapak menerus
- d. Pondasi umpak
- e. Pondasi rakit/raft foundation

2. **Pondasi dalam**

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan dengan kedalaman tertentu dari permukaan tanah, dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah.

Jenis-jenis pondasi dalam antara lain :

- a. Pondasi sumuran (pier foundation)
Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.
- b. Pondasi tiang pancang
- c. Pondasi Bore Pile


Lokasi proyek pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep berlokasi di wilayah Kecamatan Kota Kabupaten Sumenep, dimana berdasarkan data hasil penyelidikan tanahnya/sondir (lihat Tabel 4.9. Data Sondir), maka lokasi proyek ini memiliki posisi tanah keras pada kedalaman $\pm 20,80$ m.

Maka, berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang telah didapatkan tersebut, maka tahapan kreatif (*creative phase*) pada penerapan value engineering ini dapat dipersempit kriterianya dengan mengesampingkan sistem pondasi dangkal, karena tentunya kondisi tanah yang ada tidak memungkinkan untuk menggunakan pondasi dangkal. Dengan pertimbangan data hasil penyelidikan tanah ini juga, maka pilihan untuk penggunaan jenis pondasi sumuran juga dapat dikesampingkan lebih awal karena faktor syarat-syarat teknis yang menyatakan bahwa pondasi sumuran harus memenuhi nilai $Df/B \leq 4$, maka diameter pondasi sumuran tentunya akan lebar dan menjadi tidak ekonomis.

Maka, dengan adanya batasan kriteria awal tersebut, pilihan dan alternatif ide pondasi dapat dipersempit dengan hanya mengarahkan ide-ide kreatif muncul pada jenis pondasi dalam saja.

Dari batasan tersebut, maka alternatif desain pondasi yang akan dianalisis dapat mengerucut pada jenis pondasi tiang pancang dan bore pile saja. Selanjutnya, hal-hal yang akan dipertimbangkan atau kriteria yang ditetapkan dalam pemilihan alternatif desain pekerjaan pondasi ini adalah :

1. **Biaya**, yaitu total biaya pekerjaan masing-masing pondasi yang kemudian akan dihitung potensi penghematan atau pemborosan biaya;
2. **Daya dukung pondasi**, yaitu kapasitas dukung yang mampu ditahan oleh pondasi berdasarkan pembebanan struktur dan data tanah;
3. **Waktu pelaksanaan**, yaitu waktu pelaksanaan untuk mengerjakan pekerjaan pondasi;
4. **Kemungkinan implementasi**, yaitu kemungkinan diterapkannya pondasi pada proyek,
5. **Tingkat kesulitan**, yaitu tingkat kesulitan dalam melaksanakan pekerjaan pondasi; dan
6. **Sarana kerja (peralatan)**, yaitu ketersediannya dan tingkat kesulitan ditemukannya peralatan untuk mengerjakan pekerjaan pondasi

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. (0341) 574063 Fax. (0341) 574063				DATA SONDIR			
Project : RSU DR.ANWAR Location : KOTA SUMENEP MDR Hole No. : S.1 Cut/Fill : - GWL : m Date : 13 - 06 - 2015				Koordinate x : 0816461 y : 9223578 Type Of Apparatus : 2.50 Ton Gauge 1: 0-60 kg/cm ² / Gauge 2: 0-250 kg/cm ² Type Of Cone Unit : Bicomis Sheet : 1			
H (m)	qc (kg/cm ²)	JP (kg/cm ²)	Pg (kg/cm ²)	HP (kg/cm)	J.H.P (kg/cm)	HS (kg/cm ²)	FR (%)
0.00	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0
0.20	2	5	3	3.838	3.838	0.192	9.594
0.40	2	5	3	3.838	7.675	0.192	9.594
0.60	5	10	5	6.396	14.072	0.320	6.396
0.80	10	15	5	6.396	20.468	0.320	3.198
1.00	10	15	5	6.396	26.864	0.320	3.198
1.20	10	15	5	6.396	33.260	0.320	3.198
1.40	10	15	5	6.396	39.656	0.320	3.198
1.60	5	10	5	6.396	46.053	0.320	6.396
1.80	5	10	5	6.396	52.449	0.320	6.396
2.00	15	20	5	6.396	58.845	0.320	2.132
2.20	15	20	5	6.396	65.241	0.320	2.132
2.40	10	15	5	6.396	71.637	0.320	3.198
2.60	10	15	5	6.396	78.034	0.320	3.198
2.80	10	15	5	6.396	84.430	0.320	3.198
3.00	10	15	5	6.396	90.826	0.320	3.198
3.20	10	15	5	6.396	97.222	0.320	3.198
3.40	10	15	5	6.396	103.618	0.320	3.198
3.60	10	15	5	6.396	110.015	0.320	3.198
3.80	10	15	5	6.396	116.411	0.320	3.198
4.00	5	10	5	6.396	122.807	0.320	6.396
4.20	5	10	5	6.396	129.203	0.320	6.396
4.40	5	10	5	6.396	135.599	0.320	6.396
4.60	5	10	5	6.396	141.995	0.320	6.396
4.80	5	10	5	6.396	148.392	0.320	6.396
5.00	5	10	5	6.396	154.788	0.320	6.396
5.20	5	10	5	6.396	161.184	0.320	6.396
5.40	5	10	5	6.396	167.580	0.320	6.396
5.60	5	10	5	6.396	173.976	0.320	6.396
5.80	5	10	5	6.396	180.373	0.320	6.396
6.00	5	10	5	6.396	186.769	0.320	6.396
6.20	5	5	0	0.000	186.769	0.000	0.000
6.40	2	5	3	3.838	190.607	0.192	9.594
6.60	2	5	3	3.838	194.444	0.192	9.594
6.80	2	5	3	3.838	198.282	0.192	9.594
7.00	2	5	3	3.838	202.120	0.192	9.594

7.20	2	5	3	3.838	205.957	0.192	9.594
7.40	2	5	3	3.838	209.795	0.192	9.594
7.60	2	5	3	3.838	213.633	0.192	9.594
7.80	2	5	3	3.838	217.471	0.192	9.594
8.00	2	5	3	3.838	221.308	0.192	9.594
8.20	2	5	3	3.838	225.146	0.192	9.594
8.40	2	5	3	3.838	228.984	0.192	9.594
8.60	2	5	3	3.838	232.821	0.192	9.594
8.80	2	5	3	3.838	236.659	0.192	9.594
9.00	2	5	3	3.838	240.497	0.192	9.594
9.20	2	5	3	3.838	244.335	0.192	9.594
9.40	2	5	3	3.838	248.172	0.192	9.594
9.60	2	5	3	3.838	252.010	0.192	9.594
9.80	2	5	3	3.838	255.848	0.192	9.594
10.00	2	5	3	3.838	259.685	0.192	9.594
10.20	2	5	3	3.838	263.523	0.192	9.594
10.40	2	5	3	3.838	267.361	0.192	9.594
10.60	2	5	3	3.838	271.199	0.192	9.594
10.80	15	20	5	6.396	277.595	0.320	2.132
11.00	15	20	5	6.396	283.991	0.320	2.132
11.20	15	20	5	6.396	290.387	0.320	2.132
11.40	15	20	5	6.396	296.783	0.320	2.132
11.60	15	20	5	6.396	303.180	0.320	2.132
11.80	15	20	5	6.396	309.576	0.320	2.132
12.00	15	20	5	6.396	315.972	0.320	2.132
12.20	10	15	5	6.396	322.368	0.320	3.198
12.40	10	15	5	6.396	328.764	0.320	3.198
12.60	10	15	5	6.396	335.161	0.320	3.198
12.80	10	15	5	6.396	341.557	0.320	3.198
13.00	15	20	5	6.396	347.953	0.320	2.132
13.20	15	20	5	6.396	354.349	0.320	2.132
13.40	20	25	5	6.396	360.745	0.320	1.599
13.60	20	25	5	6.396	367.141	0.320	1.599
13.80	45	50	5	6.396	373.538	0.320	0.711
14.00	50	55	5	6.396	379.934	0.320	0.640
14.20	50	55	5	6.396	386.330	0.320	0.640
14.40	50	55	5	6.396	392.726	0.320	0.640
14.60	30	45	15	19.189	411.915	0.959	3.198
14.80	50	60	10	12.792	424.707	0.640	1.279
15.00	50	65	15	19.189	443.896	0.959	1.919
15.20	60	70	10	12.792	456.688	0.640	1.066
15.40	60	70	10	12.792	469.481	0.640	1.066
15.60	60	70	10	12.792	482.273	0.640	1.066
15.80	90	100	10	12.792	495.065	0.640	0.711

16.00	75	80	5	6.396	501.462	0.320	0.426
16.20	40	50	10	12.792	514.254	0.640	1.599
16.40	42	50	8	10.234	524.488	0.512	1.218
16.60	65	70	5	6.396	530.884	0.320	0.492
16.80	75	90	15	19.189	550.073	0.959	1.279
17.00	50	60	10	12.792	562.865	0.640	1.279
17.20	50	60	10	12.792	575.657	0.640	1.279
17.40	40	60	20	25.585	601.242	1.279	3.198
17.60	40	45	5	6.396	607.638	0.320	0.800
17.80	40	45	5	6.396	614.035	0.320	0.800
18.00	40	45	5	6.396	620.431	0.320	0.800
18.20	50	55	5	6.396	626.827	0.320	0.640
18.40	50	60	10	12.792	639.619	0.640	1.279
18.60	50	60	10	12.792	652.412	0.640	1.279
18.80	50	60	10	12.792	665.204	0.640	1.279
19.00	50	60	10	12.792	677.996	0.640	1.279
19.20	65	70	5	6.396	684.393	0.320	0.492
19.40	65	70	5	6.396	690.789	0.320	0.492
19.60	65	70	5	6.396	697.185	0.320	0.492
19.80	65	70	5	6.396	703.581	0.320	0.492
20.00	30	40	10	12.792	716.374	0.640	2.132
20.20	30	40	10	12.792	729.166	0.640	2.132
20.40	40	50	10	12.792	741.958	0.640	1.599
20.60	40	50	10	12.792	754.751	0.640	1.599
Dept. 20.80 m							

Tabel 4.9. Data Sondir

Sumber: data perencanaan/hasil penyelidikan tanah (sondir)

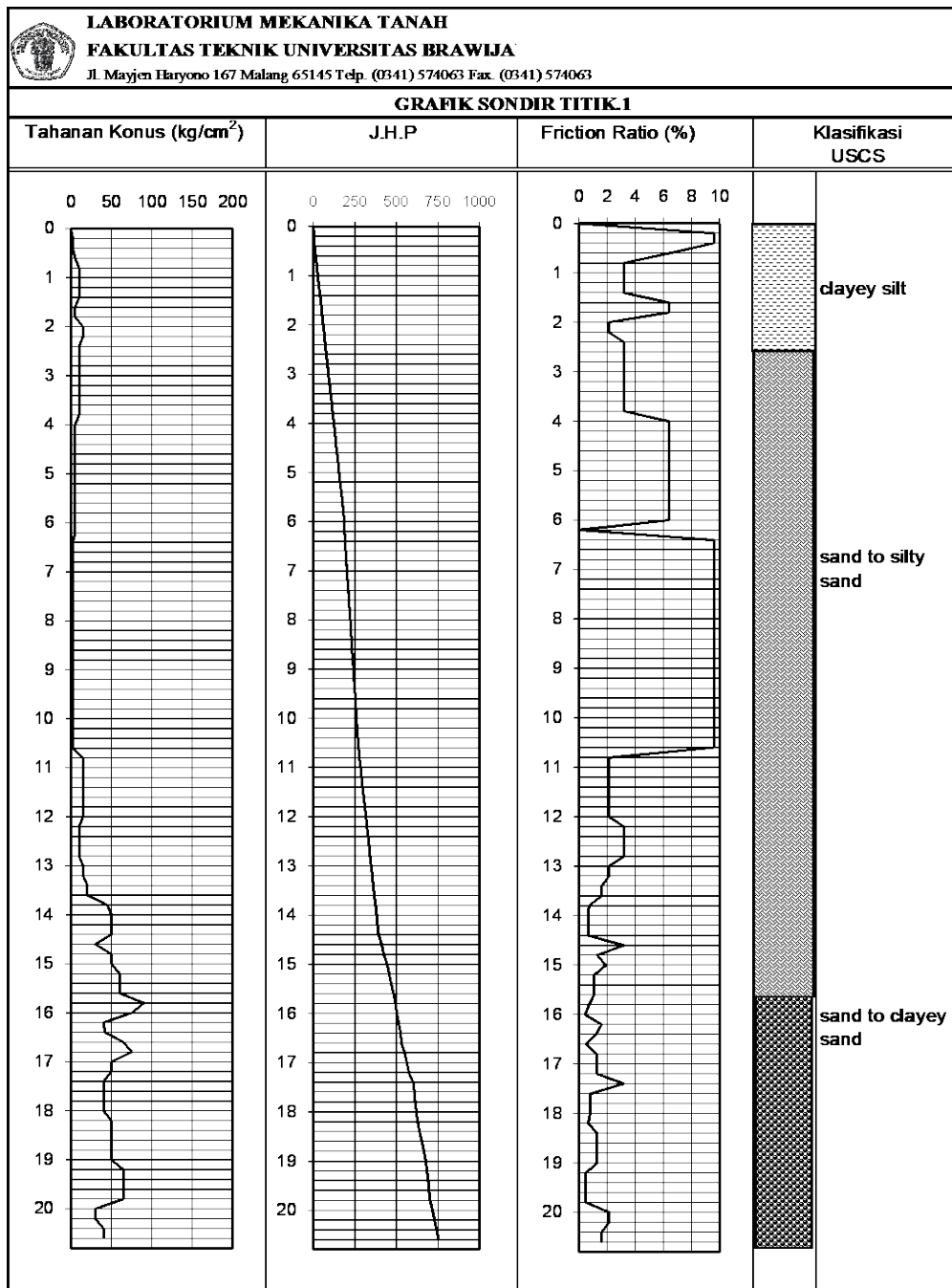


Diagram 4.5. Hasil Penyelidikan Tanah/Sondir

Sumber: data perencanaan

Dan berdasarkan batasan dan pertimbangan tersebut, maka alternatif-alternatif atas pekerjaan pondasi dapat dirumuskan dalam tabel-tabel berikut ini :

Tabel 4.10. Alternatif 1 Ide Pekerjaan Pondasi

Jenis Pondasi : Tiang Pancang / Mini Pile	
NO.	ALTERNATIF
1.	Pondasi Tiang Pancang Spun Pile diameter 40 cm K-500
2.	Pondasi Tiang Pancang Mini Pile 35x35 cm K-500

Sumber: diolah oleh penulis,2020

Tabel 4.11. Alternatif 2 Ide Pekerjaan Pondasi

Jenis Pondasi : Bore Pile	
NO.	ALTERNATIF
1.	Pondasi Bore Pile diameter 40 cm
	Mutu Beton K – 350 Besi beton dia. D16

Sumber: diolah oleh penulis,2020

4.2.5. Tahap Pengembangan

Setelah dilakukan tahapan kreatif, yang menghasilkan alternatif-alternatif ide pilihan pelaksanaan pekerjaan pondasi, maka tahapan selanjutnya adalah dengan melakukan tahapan analisis, dimana pada tahapan ini adalah salah satu tahapan yang bertujuan sebagai penentuan rekomendasi pada tahapan berikutnya. Tahap analisis bertujuan memilih beberapa alternatif yang terbaik yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya (tahap kreatif) melalui beberapa analisis atau tahapan berikut ini :

4.2.5.1. Perhitungan Struktur Pondasi Eksisting (*Modified Raft Foundation*)

Berdasarkan data perhitungan struktur yang didapatkan dalam dokumen perencanaan, maka didapatkan hasil perhitungan struktur pada pekerjaan pondasi eksisting adalah sebagai berikut :

A. Analisa Daya Dukung Pondasi

Analisa Daya Dukung Tanah pada konstruksi pondasi rakit yang dimodifikasi sebagaimana dituangkan dalam dokumen perencanaan ditentukan berdasarkan rumusan sebagai berikut :

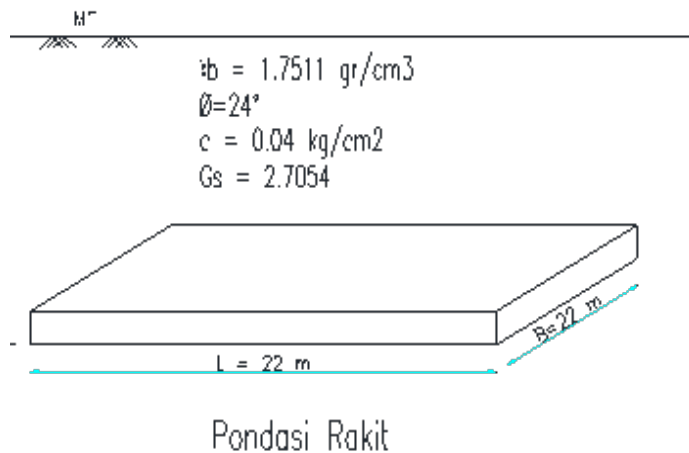
$$q_{a \text{ (mrf)}} = 1,5 \cdot q_{a \text{ (pondasi rakit)}}$$

Dimana :

$$q_{a \text{ (pondasi rakit)}} = q_{ult} / n$$

$$n = \text{angka keamanan} = 3$$

Pada umumnya, angka aman ditetapkan besarnya sekitar 3, dan digunakan untuk menghitung daya dukung yang diijinkan untuk tanah di bawah pondasi. Hal ini dilakukan mengingat bahwa dalam keadaan yang sesungguhnya tanah tidak homogen dan tidak isotropis sehingga pada saat mengevaluasi parameter-parameter dasar dari kekuatan geser tanah ini akan ditemukan banyak ketidakpastian.



Gambar 4.2. Perhitungan Pondasi Rakit Modifikasi

Sumber: data perencanaan

Selanjutnya q_{ult} diambil dari data sondir pada kedalaman 1.6 m

1. Untuk tanah non berkoheisif

$$\text{Strip } q_{ult} = 28 - 0,0052 (300 - q_c)^{1,5}$$

$$q_c = 5 \text{ kg/cm}^2 \quad q_{ult} = 1,65$$

$$\text{Square } q_{ult} = 48 - 0,009 (300 - q_c)^{1,5}$$

$$q_c = 5 \text{ kg/cm}^2 \quad q_{ult} = 2,40$$

2. Untuk tanah non kohesif

$$\begin{array}{l}
 \text{Strip} \quad q_{ult} = 2 + 0,28 q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \\
 \quad \quad \quad q_c = 5 \text{ kg/cm}^2 \quad q_{ult} = 3,40 \\
 \text{Square} \quad q_{ult} = 5 + 0,34 q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \\
 \quad \quad \quad q_c = 5 \text{ kg/cm}^2 \quad q_{ult} = 6,70 \text{ kg/cm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 q_a(\text{pondasi rakit}) = q_{ult} / n \\
 \quad q_{ult} = 6,70 \text{ kg/cm}^2 \\
 \quad n = 3 \\
 \quad q_a = 2,233 \text{ t/m}^2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 q_a \text{ (mrf)} = 1,5 \cdot q_a \text{ (pondasi rakit)} \\
 = 3,350 \text{ t/m}^2
 \end{array}$$

Tegangan tanah maksimum :

$$q_0 = R (1/A \pm e_x \cdot x/I_y \pm e_y \cdot y/I_x)$$

atau

$$q_0 = (R/A \pm M_y \cdot x/I_y \pm M_x \cdot y/I_x)$$

Dimana :

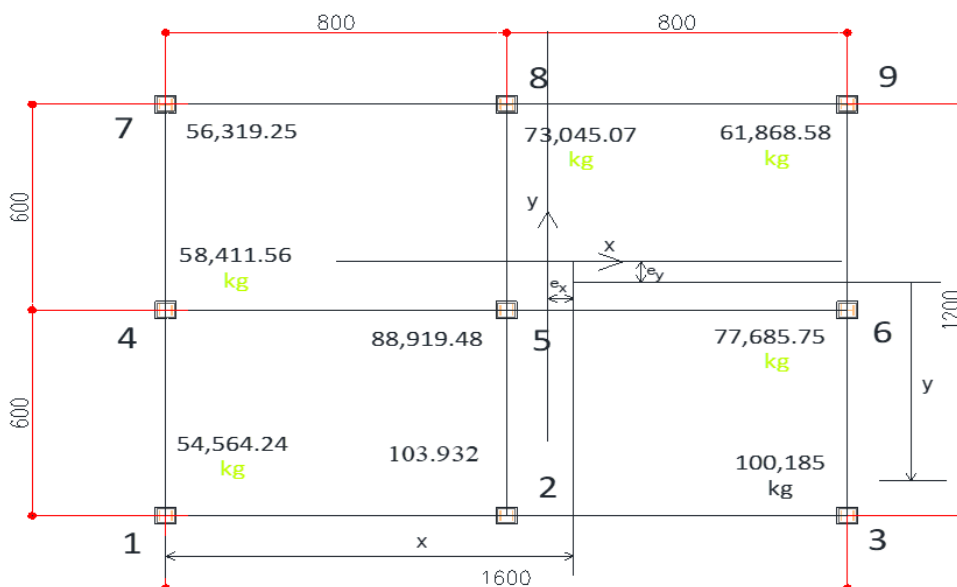
$R = \Sigma P$ = resultan dari gaya-gaya vertikal dan beban-beban kolom dinding di atas Pondasi Rakit Modifikasi (MRF)

A = luasan Pondasi Rakit Modifikasi

I_x, I_y = momen inersia dari luasan pondasi terhadap sumbu x dan y

e_x, e_y = eksentrisitas dari gaya vertikal terhadap titik pusat luasan pondasi

x, y = koordinat dari titik dimana tegangan tanah ditinjau



Gambar 4.3. Tegangan Tanah Maksimum

Sumber: data perencanaan

Panjang pelat pondasi (L)	= 16 m
Lebar pelat pondasi (B)	= 12 m
Tebal pelat pondasi (D)	= 0,15 m
Kedalaman pondasi	= 1,20 m
γ beton	= 1,8 t/m ³
γ tanah	= 1,7 t/m ³
q dinding atau beban di atasnya	= 1 t/m
$I_x = L B^3 / 12$	= 2,304E+11 cm ⁴
$I_y = L^3 B / 12$	= 4,096E+11 cm ⁴

P1	= 54,564 ton	P7	= 56,319 ton
P2	= 103,932 ton	P8	= 73,045 ton
P3	= 100,185 ton	P9	= 61,868 ton

P4	= 58,411 ton
P5	= 88,919 ton
P6	= 77,685 ton

$$q \cdot L = 16 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} R &= \Sigma P \\ &= P1 + P2 \dots + 9 + q \cdot L \\ &= 690,928 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \Sigma P \cdot x \\ &= (P1+P4+P7)(-8) + (P2+P5+P8)(0) + (P3+P6+P9)(8) \\ &= 563,552 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= \Sigma P \cdot y \\ &= (P1+P2+P3)(-6) + (P4+P5+P6)(-0) + (P7+P8+P9)(6) \\ &= -22,23 \text{ tm} \end{aligned}$$

Menentukan nilai eksentrisitas :

Terhadap as 1 = 0

$$\begin{aligned} y &= \{(P4+P5+P6).6 + (P7+P8+P9).12\} \cdot 1/R \\ &= 5,2753 \text{ m} \end{aligned}$$

Terhadap as A = 0

$$\begin{aligned} x &= \{(P2+P5+P8).8 + (P3+P6+P9).16\} \cdot 1/R \\ &= 8,6304 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas e_x dan e_y

$$e_x = x - 8 = 0,6304 \text{ m}$$

$$e_y = y - 6 = -0,7247 \text{ m}$$

$$q_0 = (R/A \pm M_y \cdot X / I_y \pm M_x \cdot Y / I_x)$$

$$R/A = 3,5986$$

$$M_y \cdot X / I_y = 0,1376 X$$

$$M_y = 563,552 \text{ tm}$$

$$I_y = 4096 \text{ m}^4$$

$$M_x \cdot Y / I_x = -0,0096 Y$$

$$M_x = -22,23 \text{ tm}$$

$$I_x = 2304 \text{ m}^4$$

$$q_0 = 3,5986 \pm 0,1376 X \pm -0,0096 Y$$

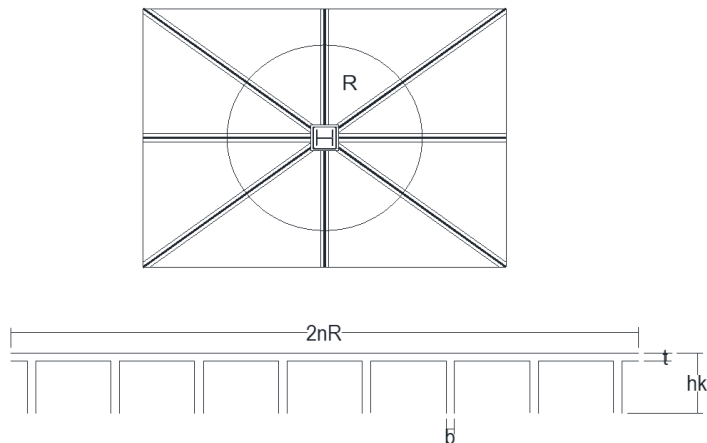
Tabel 4.12. Daftar Tegangan Maksimum

Kolom	X m	Y m	q _{max} t/m ²	q _{min} t/m ²
1	- 7,37	- 6,72	2,65	4,55
2	0,63	- 6,72	3,75	3,45
3	8,63	- 6,72	4,85	2,35
4	- 7,37	- 0,72	2,59	4,61
5	0,63	- 0,72	3,69	3,50
6	8,63	- 0,72	4,79	2,40
7	- 7,37	5,28	2,53	4,66
8	0,63	5,28	3,63	3,56
9	8,63	5,28	4,74	2,46

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Tegangan q_0 maksimum = 4,85 t/m²

B. Perhitungan Rib Konstruksi



Gambar 4.4. Rib Konstruksi Pondasi Rencana (Eksisting)

Sumber: data perencanaan

Dalam perhitungan tebal ekuivalen rib konstruksi pondasi, pengaruh dari perbaikan tanah diabaikan

$$\begin{aligned}
 \text{Kolom bawah} &= (60 \times 60) \text{ cm}^2 & a_1 &= 60 \text{ cm} \\
 \text{Asumsi tebal pelat (t)} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Tebal Rib (b)} &= 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Rib (hk)} = 150 \text{ cm}$$

$$\mathbf{A = P / qa}$$

$$A = \text{Luas lingkaran akibat pengaruh beban kolom} = \pi R^2$$

$$P = \text{Beban terpusat pada kolom} = 103932 \text{ kg}$$

$$qa = \text{Daya dukung tanah} = 3,35 \text{ t/m}^2 = 0,335 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = (P/\pi \cdot qa)^{1/2} = 105,3009336 \text{ cm}$$

$$105,3009336 > 0.5 \text{ a1}$$

$$\mathbf{105,3009336 > 30 \text{ cm} \quad \mathbf{OK!}}$$

Statis Momen

$$y = \frac{n\pi R t^2 + 4 b (hk^2 - t^2)}{2 \pi R t + 8 b (hk - t)}$$

$$\pi R t^2 = 74.395,11$$

$$4b(hk^2 - t^2) = 1.336.500,00$$

$$2 \pi R t = 9.919,35$$

$$8 b (hk - t) = 16.200,00$$

$$y = 54,02 \text{ cm}$$

$$I_x = 1/12 \cdot 2 \pi R t^3 + 2 \pi R t (y-0.5 t)^2 + 8 \cdot 1/12 \cdot b(hk-t)^3 + 8b(hk-t) \{ (hk-t)/2 + t - y \}^2$$

$$1/12 \cdot 2 \pi R t^3 = 185.987,77$$

$$2 \pi R t (y-0.5 t)^2 = 21.464.017,75$$

$$8 \cdot 1/12 \cdot b (hk-t)^3 = 24.603.750,00$$

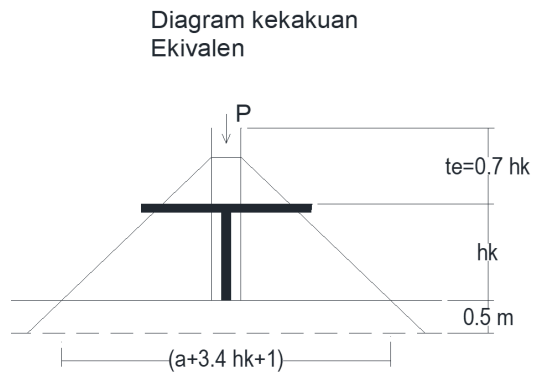
$$8b (hk-t) \{ (hk-t)/2 + t - y \}^2 = 13.142.534,59$$

$$I_x = 59.396.290,11 \text{ cm}^4$$

$$t_e = \{ 12 (I_x / 2\pi R) \}^{1/3} = 102,5296717 \text{ cm}$$

$$t_{\text{max}} = 0.7 \text{ hk} = 105 \text{ cm; diambil} = 102,5296717 \text{ cm}$$

Tinggi rib konstruksi



a, b = Lebar kolom (m)

F = Luas daerah penyebaran beban

q_0 = Tegangan tanah maksimum

$$F = (a + 3,4 \text{ hk} + 1,3) (b + 3,4 \text{ hk} + 1,3)$$

Keseimbangan beban :

$$P = F \cdot q_0$$

$$a = b = 0,6 \text{ m}$$

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

$$q_0 = 4,85 \text{ t/m}^2$$

$$F = 49 \text{ m}^2$$

$$P_{\max} = 237,69 \text{ ton}$$

Untuk $q_0 = q_a$, maka :

$$q_a = 3,35 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\max} = F \cdot q_a$$

$$P_{\max} = q_a (a + 3,4 \text{ hki} + 1,3) \cdot (b + 3,4 \cdot \text{hki} + 1,3)$$

$$237,6934023 = 3,35 (0,5 + 3,4 \text{ hki} + 1,3)^2$$

$$70,95325442 = (0,5 + 3,4 \text{ hki} + 1,3)^2$$

$$8,423375476 = (0,5 + 3,4 \text{ hki} + 1,3)$$

$$8,423375476 = 1,8 + 3,4 \text{ hki}$$

$$6,623375476 = 3,4 \text{ hki}$$

$$\begin{aligned} hki &= 1,948051611 \text{ m} \\ hk &= 0,8 \cdot hki \\ hk &= 1,558441289 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$qo = \frac{Pmax}{(a + 3.4 hk + 1.3) (b + 3.4 hk + 1.3)}$$

$$qo = \frac{237,6934023}{32,24456437}$$

$$\begin{aligned} qo &= 7,371580512 \text{ t/m}^2 \\ P1 &= qa (a + 3.4 hk + 1.3) (b + 3.4 hk + 1.3) \\ P1 &= 173,601312 \text{ ton} \\ Ps &= P - P1 = 64,09209025 \text{ ton} \\ Ps &= P \text{ sisa} \\ P1 &= \text{sebagian beban yang terdistribusi habis} \end{aligned}$$

Dimensi dan penulangan rib konstruksi :

$$\text{Luas penyebaran} = F = P / qa$$

Dimana

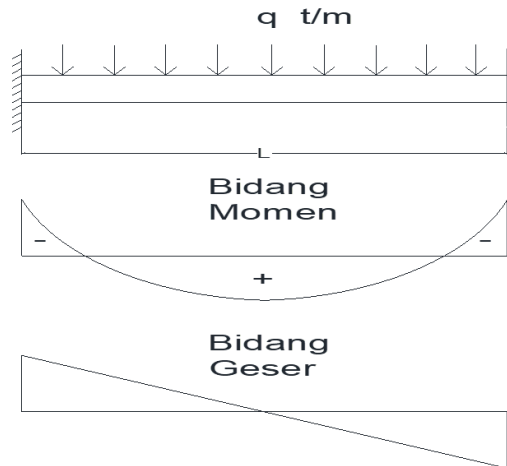
$$\begin{aligned} F &= qa (a + 3.4 hk + 2 c + 1.3) (b + 3.4 hk + 2 c + 1.3) \\ 237,6934023 &= 3,35 (0.6 + 3.4 \cdot hk + 2 c + 1.3)^2 \\ 70,95325442 &= (a + 3.4 \cdot hk + 2 c + 1.3)^2 \\ 8,423375476 &= (a + 3.4 \cdot hk + 2 c + 1.3) \\ 2c &= 1,224675095 \\ c &= 0,612337548 \text{ m} \\ F &= 70,95325442 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} q &= P \text{ yg bekerja} / F \leq q \text{ ijin} \\ P \text{ kerja} &= 103,932 \text{ ton} \\ F &= 70,95325442 \end{aligned}$$

$$q = 1,46479539 \text{ t/m}^2 \leq 3,35 \text{ t/m}^2 \quad \text{OK!}$$

Dengan memodelkan rib sebagai balok yang ditumpu oleh 2 tumpuan jepit, diberi beban q (tegangan maksimum yang terjadi). Maka dapat diketahui gaya-gaya dalam terbesar yang bekerja



$$\begin{aligned}
 q &= 4,85 \text{ t/m} \\
 L &= 8 \text{ m} \\
 M &= 25,87 \text{ tm} && M \text{ tumpuan} \\
 M_{\max} &= 3,62 \text{ tm} && M \text{ lapangan} \\
 \text{Bidang Geser} \\
 D &= 1/2 \cdot Q \cdot L = 19,40 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Rib Settlement

Dalam perhitungan tebal ekivalen rib konstruksi pondasi, pengaruh dari perbaikan tanah diabaikan.

$$\begin{aligned}
 \text{Kolom bawah} &= (60 \times 60) \text{ cm}^2 && a_1 = 60 \text{ cm} \\
 \text{Asumsi tebal pelat (t)} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Tebal Rib (b)} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi Rib (hk)} &= 200 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$A = P / q_a$$

$$A = \text{Luas lingkaran akibat pengaruh beban kolom} = \pi R^2$$

$$P = \text{Beban terpusat pada kolom} = 103932 \text{ kg}$$

$$q_a = \text{Daya dukung tanah} = 3,35 \text{ t/m}^2 = 0,335 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = (P/\pi \cdot qa)^{1/2} = 105,3009336 \text{ cm}$$

$$105,3009336 > 0.5 a1$$

$$105,3009336 > 30 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

Statis Momen

$$y = \frac{n\pi R t^2 + 4 b (hk^2 - t^2)}{2 \pi R t + 8 b (hk - t)}$$

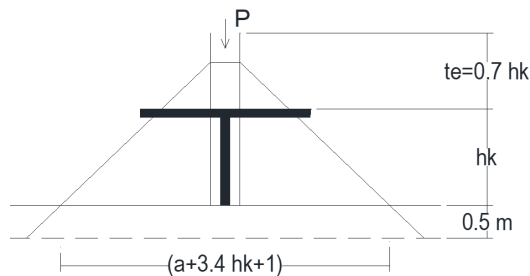
$$\begin{aligned} \pi R t^2 &= 74.395,11 \\ 4b(hk^2 - t^2) &= 2.386.500,00 \\ 2 \pi R t &= 9.919,35 \\ 8 b (hk - t) &= 22.200,00 \\ y &= 76,62 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= 1/12 \cdot 2 \pi R t^3 + 2 \pi R t (y-0.5 t)^2 + 8 \cdot 1/12 \cdot b (hk-t)^3 + 8b(hk-t) \{ (hk-t)/2 + t - y \}^2 \\ 1/12 \cdot 2 \pi R t^3 &= 185.987,77 \\ 2 \pi R t (y-0.5 t)^2 &= 47.386.609,18 \\ 8 \cdot 1/12 \cdot b (hk-t)^3 &= 63.316.250,00 \\ 8b (hk-t) \{ (hk-t)/2 + t - y \}^2 &= 21.173.165,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= 132.062.012,03 \text{ cm}^4 \\ t_e &= \{ 12 (I_x / 2\pi R) \}^{1/3} = 133,8204328 \text{ cm} \\ t_e \text{ max} &= 0.7 hk = 140 \text{ cm; diambil} = 133,8204328 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tinggi rib settlement

Diagram kekakuan
Ekivalen



a, b = Lebar kolom (m)
 F = Luas daerah penyebaran beban
 q_0 = Tegangan tanah maksimum

$$F = (a + 3,4 \text{ hk} + 1,3) (b + 3,4 \text{ hk} + 1,3)$$

Keseimbangan beban :

$P = F \cdot q_0$
 $a = b = 0,5 \text{ m}$
 $hk = 2 \text{ m}$
 $q_0 = 4,85 \text{ t/m}^2$

$F = 73,96 \text{ m}^2$
 $P_{\max} = 358,77 \text{ ton}$

Untuk $q_0 = q_a$, maka :

$q_a = 3,35 \text{ t/m}^2$
 $P_{\max} = F \cdot q_a$
 $P_{\max} = q_a (a + 3,4 \text{ hki} + 1,3) \cdot (b + 3,4 \cdot \text{hki} + 1,3)$
 $358,7715109 = 3,35 (0,5 + 3,4 \text{ hki} + 1,3)^2$
 $107,0959734 = (0,5 + 3,4 \text{ hki} + 1,3)^2$
 $10,34871844 = (0,5 + 3,4 \text{ hki} + 1,3)$
 $10,34871844 = 1,8 + 3,4 \text{ hki}$
 $8,548718442 = 3,4 \text{ hki}$
 $\text{hki} = 2,514328954 \text{ m}$
 $hk = 0,8 \cdot \text{hki}$
 $hk = 2,011463163 \text{ m}$

Maka :

$$q_0 = \frac{P_{\max}}{(a + 3,4 \text{ hk} + 1,3) (b + 3,4 \text{ hk} + 1,3)}$$

$$q_0 = \frac{358,7715109}{40,7715323}$$

$$\begin{aligned}
 q_0 &= 8,799559169 \text{ t/m}^2 \\
 P_1 &= q_a (a + 3.4 \text{ hk} + 1.3) (b + 3.4 \text{ hk} + 1.3) \\
 P_1 &= 250,0168141 \text{ ton} \\
 P_s &= P - P_1 = 108,7546968 \text{ ton} \\
 P_s &= P \text{ sisa} \\
 P_1 &= \text{sebagian beban yang terdistribusi habis}
 \end{aligned}$$

Dimensi dan penulangan rib settlement :

$$\text{Luas penyebaran} = F = P / q_a$$

Dimana

$$\begin{aligned}
 F &= q_a (a + 3.4 \text{ hk} + 2 \text{ c} + 1.3) (b + 3.4 \text{ hk} + 2 \text{ c} + 1.3) \\
 358,7715109 &= 3,35 (0.6 + 3.4 \cdot \text{hk} + 2 \text{ c} + 1.3)^2 \\
 107,0959734 &= (a + 3.4 \cdot \text{hk} + 2 \text{ c} + 1.3)^2 \\
 10,34871844 &= (a + 3.4 \cdot \text{hk} + 2 \text{ c} + 1.3) \\
 2\text{c} &= 1,709743688 \\
 \text{c} &= 0,854871844 \text{ m} \\
 F &= 107,0959734 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Cek :

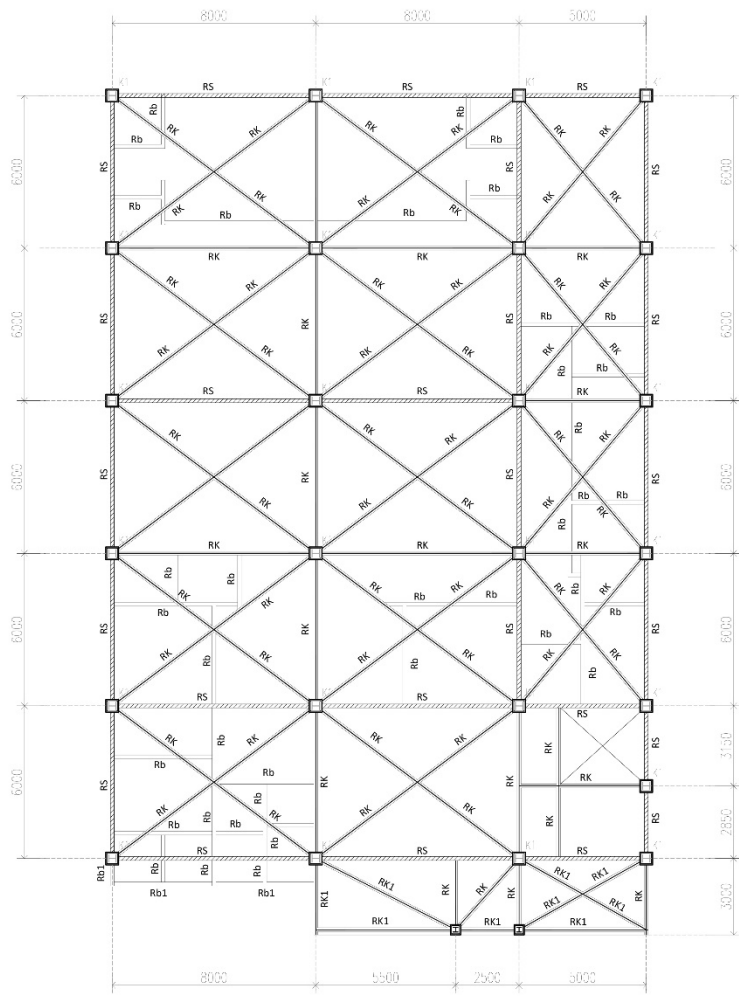
$$\begin{aligned}
 q &= P \text{ yg bekerja} / F \leq q \text{ ijin} \\
 P \text{ kerja} &= 103,932 \text{ ton} \\
 F &= 107,0959734
 \end{aligned}$$

$$q = 0,970456654 \text{ t/m}^2 \leq 3,35 \text{ t/m}^2 \quad \text{OK!}$$

4.2.5.2. Perhitungan Struktur Pondasi Rencana

Setelah analisis terhadap perhitungan struktur untuk sistem pondasi eksisting/rencana telah dipelajari, alternatif ide desain juga telah mengerucut pada jenis pondasi tiang pancang/mini pile dan bore pile, maka selanjutnya akan dilakukan analisis perhitungan struktur untuk jenis pondasi alternatif tersebut.

Perhitungan teknis atas alternatif desain pondasi direncanakan dengan data dan faktor-faktor yang sama dengan perencanaan awal pondasi, muai dari beban-beban atau gaya luar yang bekerja pada pondasi. Data propertis tanah juga diambil sesuai dengan data pada perencanaan awal, yaitu hasil uji tanah yang dikeluarkan oleh Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Brawijaya, Malang.



Gambar 4.5.
Denah Pondasi Rencana
Sumber: data perencanaan

**DINAS PU CIPTA KARYA
DAN TATA RUANG**

PEMERINTAH KABUPATEN SUMENEP

Jl. Kamboja No.27B Sumenep

KEGIATAN

PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT

PEKERJAAN

REVIEW DESAIN
PEMBANGUNAN GEDUNG OK SENTRAL DAN ICU
RSUD Dr. H. MOH. ANWAR - SUMENEP

PENCESAHAN

MENGETAHUI
PEJABAT PEMBAKAT KONTINEN (PPK)

NIK: 19621111-195903-01009

Drs. H. Sutrisno, M.Si
Pembina
NIP. 19621001 198902 1 004

MENGETAHUI
KEPALA DINAS PU CIPTA KARYA DAN TATA RUANG
KABUPATEN SUMENEP

NIK: 19610811-195903-01009

Drs. Bambang Istanto, M.Si
Pembina I
NIP. 19650118 198903 1 003

GABAR, RKS, RAB dan Perhitungan Teknis Konstruksi telah menjadi
tanggung jawab profesionalitas Konsultan Perencana

KETERANGAN

KONSULTAN PERENCANA

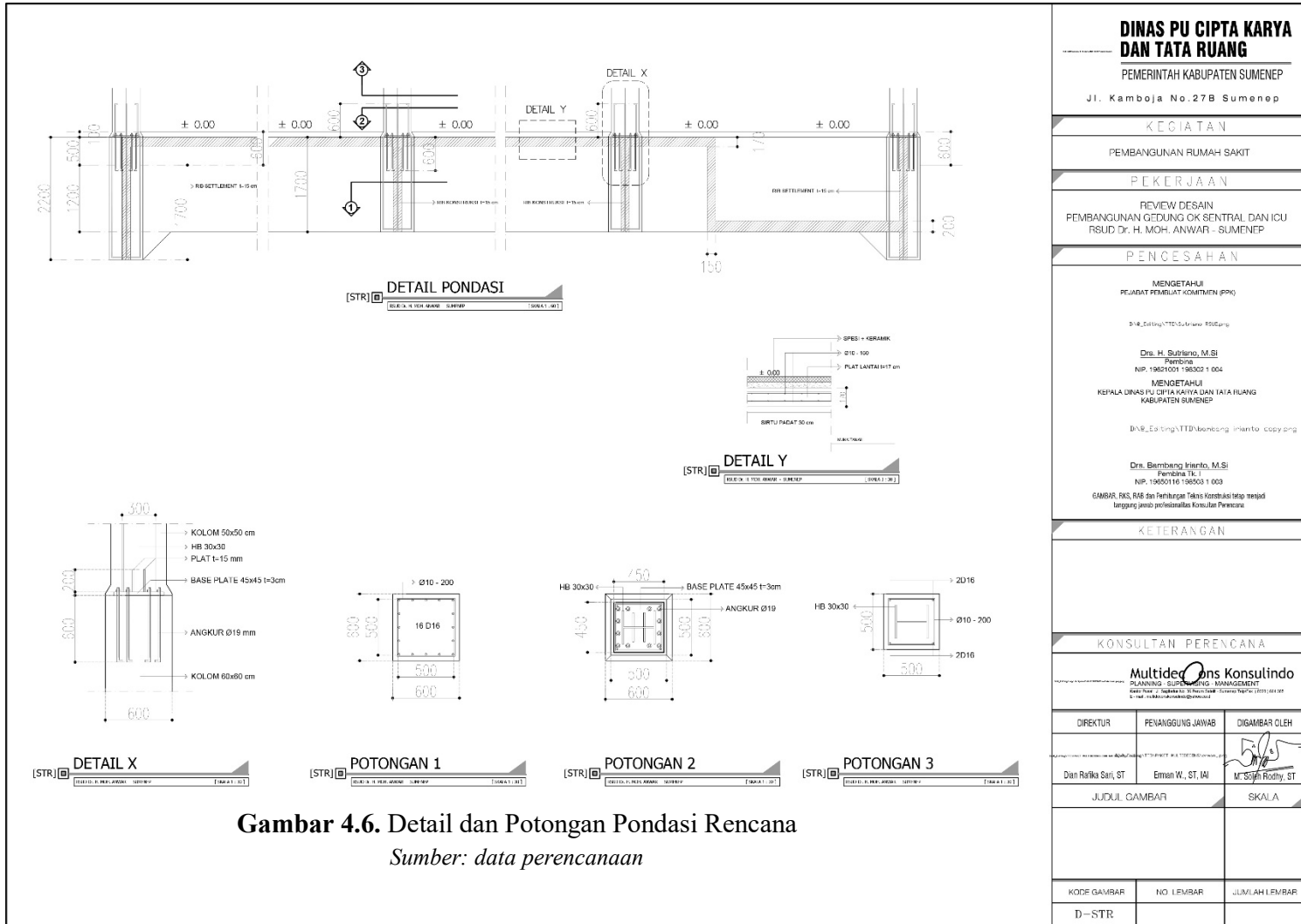
Multidevops Konsulindo
PLANNING CONSULTING MANAGEMENT
Jl. ...

DIREKTUR	PENANGGUNG JAWAB	DIGAMBAR OLEH
Dian Ratika Sari, ST	Eman W. ST, IAI	M. Sugih Rodhy, ST

JUDUL GAMBAR	SKALA

KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
D-S'1TR		

STR | **RENCANA PONDASI** | [SALA 1.001]



Gambar 4.6. Detail dan Potongan Pondasi Rencana
Sumber: data perencanaan

**DINAS PU CIPTA KARYA
 DAN TATA RUANG**

PEMERINTAH KABUPATEN SUMENEP

Jl. Kamboja No.27B Sumenep

KEGIATAN

PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT

PEKERJAAN

REVIEW DESAIN
 PEMBANGUNAN GEDUNG OK SENTRAL DAN ICU
 RSUD DR. H. MOH. ANWAR - SUMENEP

PENCESAHAN

MENGETAHUI
 PEJABAT PEMILIT KOMITMEN (PPK)

Dit. Ealing/TTD/Sumenep/RSU/Sum

Drs. H. Sutrisno, M.Si
 Pembina
 NIP. 19630501 198303 1 004

MENGETAHUI
 KEPALA DINAS PU CIPTA KARYA DAN TATA RUANG
 KABUPATEN SUMENEP

Dit. Ealing/TTD/Sumenep/Inisiatif copyring

Drs. Bambang Irianto, M.Si
 Pembina T.K. I
 NIP. 19650116 198503 1 003

GAMBAR, RKS, R/S dan Terlampir Telah diperiksa/tersempit
 dianggap benar/pertanggungjawabkan

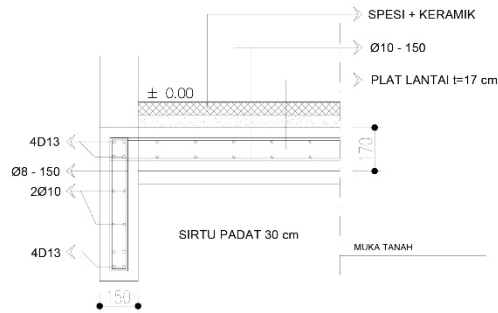
KETERANGAN

KONSULTAN PERENCANA

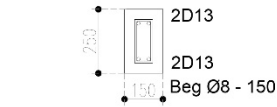
Multidimensi Konsulindo
 PLANNING SUPPLYING MANAGEMENT
 4001000171, SUMENEP, JAWA TIMUR 69122
 Telp. (0343) 8200000 Fax. (0343) 8200000
 E-mail: multidimensi@konsulindo.com

DIREKTUR	PEMANGGUNG JAWAB	DIGAMBAR OLEH
Dan Rifa'i Sari, ST	Emmi N., ST, IAI	M. Sofan Ridhy, ST
JUDUL GAMBAR	SKALA	
KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
D-S-STR		

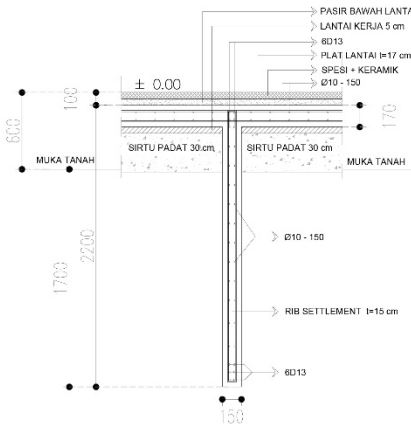
Gambar 4.7.
Detail dan Potongan Pondasi Rencana 2
 Sumber: data perencanaan



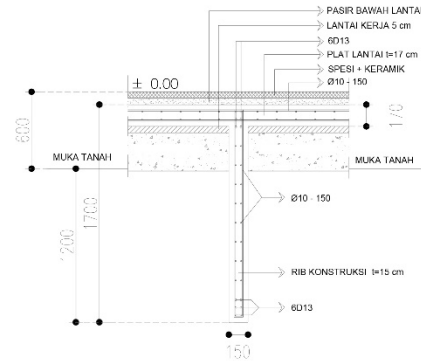
SLOOF (Rb1)
 [STR] [D] [FILE D:\H.MOH.ANWAR - SUMENEP] [SKALA: 1:1]



SLOOF (Rb)
 [STR] [D] [FILE D:\H.MOH.ANWAR - SUMENEP] [SKALA: 1:1]



RIB SETTLEMENT (RS)
 [STR] [D] [FILE D:\H.MOH.ANWAR - SUMENEP] [SKALA: 1:1]



RIB KONSTRUKSI (RB)
 [STR] [D] [FILE D:\H.MOH.ANWAR - SUMENEP] [SKALA: 1:1]

DINAS PU CIPTA KARYA DAN TATA RUANG

PEMERINTAH KABUPATEN SUMENEP
 Jl. Kamboja No. 27B Sumenep

K E G I A T I A N

PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT

P E K E R J A A N

REVIEW DESAIN
 PEMBANGUNAN GEDUNG OK SENTRAL DAN ICU
 RSUD Dr. H. MOH. ANWAR - SUMENEP

P E N G E S A H A N

MENGETAHUI
 PELEBAT PEMBUAT KOMITMEN (PPK)

Drs. H. Sutrisno, M.Si
 Pembina
 NP. 19621001 198302 1 004

MENGETAHUI
 KEPALA DINAS PU CIPTA KARYA DAN TATA RUANG
 KABUPATEN SUMENEP

D:\B_Editing\TIT\kebang lianto copy.dwg

Drs. Bambang Irianto, M.Si
 Pembina
 NP. 19650110 198503 1 003

GAMBAR RKS, RIB dan Partangan Teles Konstruksi siap menjadi
 terapan jawab profesionalitas konsultan Perencana

K E T E R A N G A N

K O N S U L T A N P E R E N C A N A

Multicons Konsulindo
 PLANNING, SURVEILLING, MANAGEMENT
 Gedung: 4, Jember City, Jember Regency, East Java
 www.multiconskonsulindo.com

DIREKTUR	PENANGGUNG JAWAB	DIGAMBAR OLEH
Dian Rafika Sari, ST	Erman W., ST, IAI	M. Sidiq Rochdy, ST

JUDUL GAMBAR	SKALA

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
D-STR		

A. Analisis Perhitungan Struktur Pondasi Tiang Pancang Penampang Lingkaran (Spun Piles) diameter 40 cm

1. Spesifikasi tiang pancang yang dipergunakan

Jenis tiang pancang : Beton bertulang penampang lingkaran

Diameter tiang pancang	D =	0,40	m
Panjang tiang pancang	L =	20,00	m
Kuat tekan beton tiang pancang	fc' =	30	MPa
Berat beton bertulang	Wc =	24	kN/m ³

2. Tahanan Aksial Tiang Pancang

a. Berdasarkan kekuatan bahan

Luas penampang tiang pancang	$A = \pi / 4 * D^2 =$	0,1257	m ²
Berat tiang pancang	$W_p = A * L * w_c =$	60,32	kN
Kuat tekan beton tiang pancang	fc' =	30000	kPa
Kapasitas dukung nominal tiang pancang			
	$P_n = 0.30 * f_c' * A - 1.2 * W_p =$	1059	kN
Faktor reduksi kekuatan	$\Phi =$	0,60	
Tahanan aksial tiang pancang	$\Phi * P_n =$	635,15	kN

b. Berdasarkan hasil uji sondir (Bagemann)

▪ Tahanan ujung

Tahanan ujung nominal dihitung dengan rumus : $P_b = \omega * A_b * q_c$

Dimana :

Ω = faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang

A_b = luas ujung bawah tiang (m²)

q_c = tahanan penetrasi kerucut statis yang merupakan nilai rata-rata dihitung dari 8.D di atas dasar tiang sampai 4.D di bawah dasar tiang (kN/m²),

Diameter tiang pancang $D = 0,40$ m

Luas tampang tiang pancang, $A_b = \pi / 4 * D^2 = 0,1257$ m²

Tahanan penetrasi kerucut statis rata-rata dari 8.D di atas dasar s.d. 4.D di bawah dasar tiang pancang, $q_c = 100$ kg/cm² $q_c = 10000$ kN/m²

Faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang, $\omega = 0,5$

Tahanan ujung nominal tiang pancang : $P_b = \omega * A_b * q_c = 628,319$ kN

▪ Tahanan gesek

Tahanan gesek nominal menurut Skempton dihitung dg rumus : $P_s = \Sigma [A_s * q_f]$

A_f = Luas permukaan segmen dinding tiang (m²). $A_s = \pi * D * L_1$

q_f = Tahanan gesek kerucut statis rata-rata (kN/m).

No	Kedalaman		L ₁ (m)	A _s (m ²)	q _f (kN/m ²)	P _s (kN)
	z ₁ (m)	z ₂ (m)				
1	0,00	7,00	7,0	3,7699	0,00	0,00
2	7,00	14,00	7,0	3,7699	19,20	72,38
3	14,00	20,00	6,0	3,7699	32,00	120,64
4	20,00	21,00	1,0	13,8230	64,00	884,67
$P_s = \Sigma [A_s * q_f]$						1077,69

▪ Tahanan aksial tiang pancang

Tahanan nominal tiang pancang

$$P_n = P_b + P_s = 1706,01 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan

$$\Phi = 0,60$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$\Phi * P_n = 1023,61 \text{ kN}$$

c. Rekap tahanan aksial tiang pancang

No	Uraian Tahanan Aksial Tiang Pancang	$\Phi * P_n$
1	Berdasarkan kekuatan bahan	635,15
2	Berdasarkan hasil uji sondir (Bagemann)	1023,61
	Daya dukung aksial terkecil	$\Phi * P_n = 635,56$ kN
	Diambil tahanan aksial tiang pancang	$\Phi * P_n = 630,00$ kN

3. Tahanan Lateral Tiang Pancang

a. Berdasarkan defleksi tiang maksimum (Broms)

Tahanan lateral tiang (H) kategori tiang panjang, dapat dihitung dengan

$$\text{persamaan} : H = y_o * k_h * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)]$$

$$\text{dengan} : \beta = [k_h * D / (4 * E_c * I_c)]^{0,25}$$

$$D = \text{Diameter tiang pancang (m)} \quad D = 0,40 \text{ m}$$

$$L = \text{Panjang tiang pancang (m)} \quad L = 20,00 \text{ m}$$

$$K_h = \text{Modulus subgrade horisontal (kN/m}^3) \quad K_h = 26720 \text{ kN/m}^3$$

$$E_c = \text{Modulus elastis tiang (kN/m}^2), \quad E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} * 10^3 = 25742960 \text{ kN/m}^2$$

$$I_c = \text{Momen inersia penampang (m}^4) \quad I_c = \pi / 64 * D^4 = 0,001257 \text{ m}^4$$

$$e = \text{Jarak beban lateral terhadap muka tanah (m)}, \quad e = 0,05 \text{ m}$$

$$y_o = \text{Defleksi tiang maksimum (m)}. \quad y_o = 0,006 \text{ m}$$

$$\beta = \text{Koefisien defleksi tiang} \quad \beta = [k_h * D / (4 * E_c * I_c)]^{0,25} = 0.536095333 \text{ m}$$

$$\beta * L = 10,72 > 2.5 \quad \text{maka termasuk tiang panjang OK!}$$

Tahanan lateral nominal tiang pancang

$$H = y_o * k_h * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)] = 58,25 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan

$$\Phi = 0,60$$

Tahanan lateral tiang pancang

$$\Phi * H_n = 34,95 \text{ kN}$$

b. Berdasarkan momen maksimum (Brinch Hansen)

Kuat lentur beton tiang pancang

$$f_b = 0.40 * f'_c * 10^3 = 12000 \text{ kN/m}^2$$

Tahanan momen

$$W = I_c / (D/2) = 0.00628 \text{ m}^3$$

Momen maksimum

$$M_y = f_b * W = 75,40 \text{ kNm}$$

Kohesi tanah rata-rata di sepanjang tiang

No	Kedalaman		L ₁ (m)	c _u (kN/m ²)	c _u * L ₁
	z ₁ (m)	z ₂ (m)			
1	0.00	7.00	7.0	23.00	161.00
2	7.00	14.00	7.0	30.00	210.00
3	14.00	20.00	6.0	52.00	312.00
4	20.00	21.00	1.0	63.00	63.00
$\Sigma L_1 =$			21.0	$\Sigma c_u * L_1 =$	746.00

Kohesi tanah rata-rata,

$$\check{c}_u = \Sigma [c_u * L_1] / \Sigma L_1 = 35.5238095 \text{ kN/m}^2$$

$$f = H_n / [9 * \check{c}_u * D] \quad \text{pers.(1)}$$

$$g = L - (f + 1.5 * D) \quad \text{pers.(2)}$$

$$M_y = H_n * (e + 1.5 * D + 0.5 * f) \quad \text{pers.(3)}$$

$$M_y = 9 / 4 * D * \check{c}_u * g^2 \quad \text{pers.(4)}$$

Dari pers.(1) $f = 0.007819 * H_n$

Dari pers.(2) $g = 20,20 - 0,00782 * H_n$

$$g^2 = 0,000061 * H_n^2 - 0,303396 * H_n + 376,36$$

$$= 9 / 4 * D * C_u = 31,971$$

Dari pers.(3) $M_y = H_n * (0.650 * 0.00391 * H_n)$

$$M_y = 0.00391 * H_n^2 * 0.65000 * H_n$$

Dari pers.(4) $M_y = 0.001955 * H_n^2 * -9.7000 * H_n * 12032.767$

Pers. Kuadrat $0 = 0.001955 * H_n^2 * 10.3500 * H_n * - 12032.767$

Dari pers. kuadrat, diperoleh tahanan lateral nominal $H_n = 980,868 \text{ kN}$

$$f = 7,670 \text{ m}$$

$$M_{\max} = H_n * (e + 1.5 * D + 0.5 * f) = 4399,133 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} > M_y \rightarrow \text{Termasuk tiang panjang OK!}$$

$$\text{Dari pers.(3)} \quad M_y = H_n * (0.650 * 0.00391 * H_n)$$

$$75,40 = 0.00391 * H_n^2 * 0.65000 * H_n$$

$$\text{Pers. Kuadrat} \quad 0 = 0.00391 * H_n^2 * 0,65000 * H_n * - 75,40$$

$$\text{Dari pers. kuadrat, diperoleh tahanan lateral nominal} \quad H_n = 78,722 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan} \quad \Phi = 0,60$$

$$\text{Tahanan lateral tiang pancang} \quad \Phi * H_n = 47,23 \text{ kN}$$

c. Rekap tahanan lateral tiang

No	Uraian Tahanan Lateral Tiang Pancang	$\Phi * H_n$
1	Berdasarkan defleksi tiang maksimum (Broms)	34.95
2	Berdasarkan momen maksimum (Brinch Hansen)	47.23
	Tahanan lateral tiang terkecil	$\Phi * H_n = 34.95$ kN
	Diambil tahanan lateral tiang pancang	$\Phi * H_n = 30.00$ kN

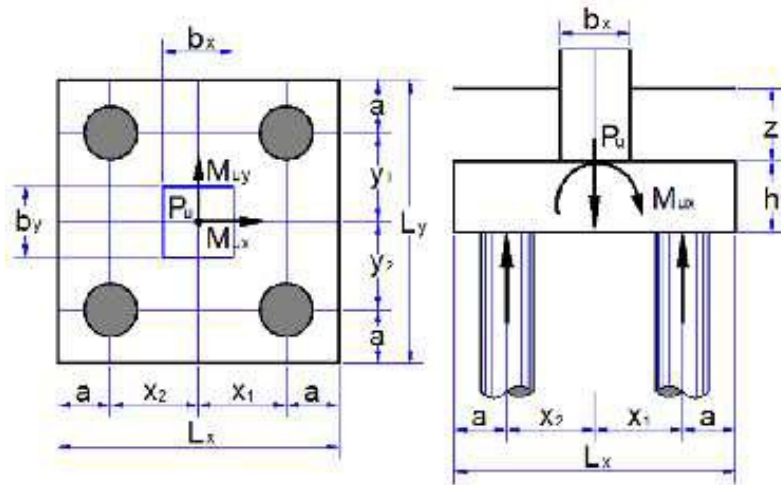
4. Perhitungan Kekuatan Pondasi

Spesifikasi Pilecap

Kuat tekan beton	$f'_c =$	30	MPa
Kuat leleh baja tulangan deform ($\emptyset > 12 \text{ mm}$)	$f_y =$	400	MPa
Kuat leleh baja tulangan polos ($\emptyset \leq 12 \text{ mm}$)	$f_y =$	400	MPa
Berat beton bertulang,	$W_c =$	24	kN/m ³

Data dimensi pondasi

Lebar kolom arah x,	$b_x =$	0.60	m
Lebar kolom arah y,	$b_y =$	0.60	m
Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton	$a =$	0.35	m
Tebal pilecap,	$h =$	0.50	m
Tebal tanah di atas pilecap	$z =$	0.60	m
Berat volume tanah di atas pilecap	$w_s =$	15.00	kN/m ³
Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)	$\alpha_s =$	40	



Data beban pondasi

Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor,	$P_{uk} =$	1040.00	kN
Momen arah x akibat beban terfaktor.	$M_{ux} =$	258.00	kNm
Momen arah y akibat beban terfaktor.	$M_{uy} =$	258.00	kNm
Gaya lateral arah x akibat beban terfaktor,	$H_{ux} =$	21.00	kN
Gaya lateral arah y akibat beban terfaktor,	$H_{uy} =$	29.00	kN
Tahanan aksial tiang pancang,	$\Phi * P_n =$	630.00	kN
Tahanan lateral tiang pancang,	$\Phi * H_n =$	30.00	kN

Data susunan tiang pancang

Susunan tiang pancang arah X :				Susunan tiang pancang arah Y :			
No	Jumlah n	x (m)	$n * x^2$ (m ²)	No	Jumlah n	y (m)	$n * y^2$ (m ²)
1	3	1,30	5,07	1	2	1,30	3,38
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
n =	3	$\Sigma x^2 =$	5,07	n =	2	$\Sigma y^2 =$	3,38
Lebar pilecap arah x,						$L_x =$	3,30 m
Lebar pilecap arah y,						$L_y =$	2,00 m

a. Gaya Aksial pada Tiang Pancang

Berat tanah di atas pilecap

$$W_s = L_x * L_y * z * w_s = 59,40 \text{ kN}$$

Berat pilecap

$$W_c = L_x * L_y * h * w_c = 79,20 \text{ kN}$$

Total gaya aksial terfaktor $P_u = P_{uk} + 1.2 * W_s + 1.2 * W_c = 1206,32 \text{ kN}$

Lengan maksimum tiang pancang arah x thd. Pusat $x_{max} = 1.30 \text{ m}$

Lengan maksimum tiang pancang arah y thd. Pusat $y_{max} = 1.30 \text{ m}$

Lengan minimum tiang pancang arah x thd. Pusat $x_{min} = 1.30 \text{ m}$

Lengan minimum tiang pancang arah y thd. Pusat $y_{min} = 1.30 \text{ m}$

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang

$$p_{umax} = P_u / n + M_{ux} * x_{max} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{max} / \Sigma y^2 = 567,49 \text{ kN}$$

$$p_{umin} = P_u / n + M_{ux} * x_{min} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{min} / \Sigma y^2 = 567,49 \text{ kN}$$

Syarat : $p_{umax} \leq \Phi * P_n$
 $567,49 < 630,00 \rightarrow \text{OK!}$

b. Gaya Lateral pada Tiang Pancang

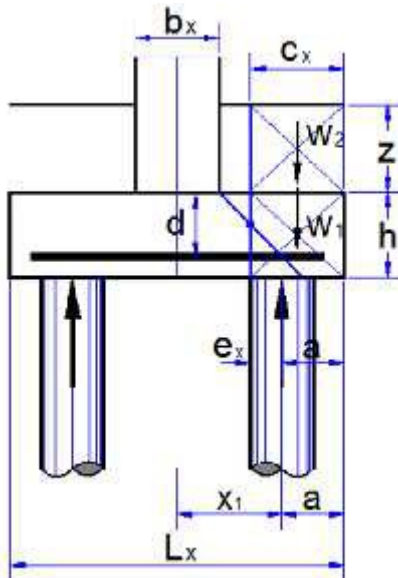
Gaya lateral arah x pada tiang $h_{ux} = H_{ux} / n = 7,00 \text{ kN}$

Gaya lateral arah y pada tiang $h_{uy} = H_{uy} / n = 9,67 \text{ kN}$

Gaya lateral kombinasi dua arah $h_{umax} = \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} = 11,94 \text{ kN}$

Syarat : $h_{umax} \leq \Phi * H_n$
 $11,94 < 30,0 \rightarrow \text{OK!}$

c. Tinjauan geser arah X



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton	$d' = 0.100 \text{ m}$
Tebal efektif pilecap,	$d = h - d' = 0.400 \text{ m}$
Jarak bid. kritis terhadap sisi luar,	$c_x = (L_x - b_x - d) / 2 = 1.150 \text{ m}$
Berat beton,	$W_1 = c_x * L_y * h * w_c = 27.600 \text{ kN}$
Berat tanah,	$W_2 = c_x * L_y * z * w_s = 20.700 \text{ kN}$
Gaya geser arah x,	$V_{ux} = 2 * p_{umax} - W_1 - W_2 = 1086.683 \text{ kN}$
Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x,	$b = L_y = 2000 \text{ mm}$
Tebal efektif pilecap,	$d = 400 \text{ mm}$
Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom,	$\beta_c = b_x / b_y = 1.0000$
Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut :	

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c} * b * d / 6 * 10^{-3} = 2190,890 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c} * b * d / 12 * 10^{-3} = 3651,484 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c} * b * d * 10^{-3} = 1460,593 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser pilecap $V_c = 1460,593 \text{ kN}$

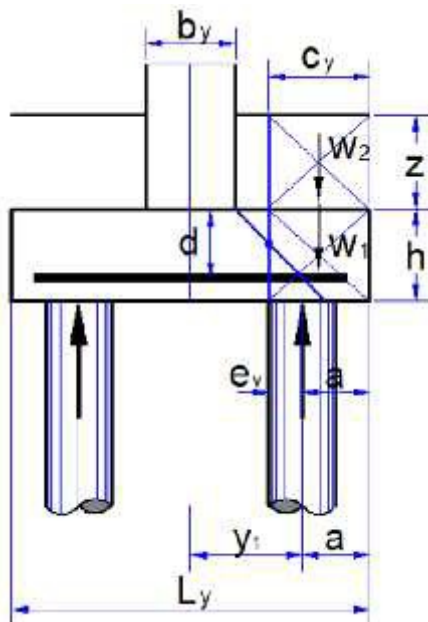
Faktor reduksi kekuatan geser $\Phi = 0,75$

Kuat geser pilecap $\Phi * V_c = 1095,445 \text{ kN}$

Syarat : $\Phi * V_c \geq V_{ux}$

$$1095,445 > 1086,683 \rightarrow \text{OK!}$$

d. Tinjauan geser arah Y



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton	$d' = 0.100 \text{ m}$
Tebal efektif pilecap	$d = h - d' = 0.400 \text{ m}$
Jarak bid. kritis terhadap sisi luar	$c_y = (L_y - b_y - d) / 2 = 0.500 \text{ m}$
Berat beton	$W_1 = c_y * L_x * h * w_c = 19.800 \text{ kN}$
Berat tanah	$W_2 = c_y * L_x * z * w_s = 14.850 \text{ kN}$
Gaya geser arah y	$V_{uy} = 2 * p_{umax} - W_1 - W_2 = 1100,333 \text{ kN}$
Lebar bidang geser untuk tinjauan arah y	$b = L_x = 3300 \text{ mm}$
Tebal efektif pilecap	$d = 400 \text{ mm}$
Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom	$\beta_c = b_x / b_y = 1.0000$
Kuat geser pilecap arah y, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut ;	

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c} * b * d / 6 * 10^{-3} = 3614.969 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c} * b * d / 12 * 10^{-3} = 4126.177 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c} * b * d * 10^{-3} = 2409.979 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser pilecap $V_c = 2409.979 \text{ kN}$

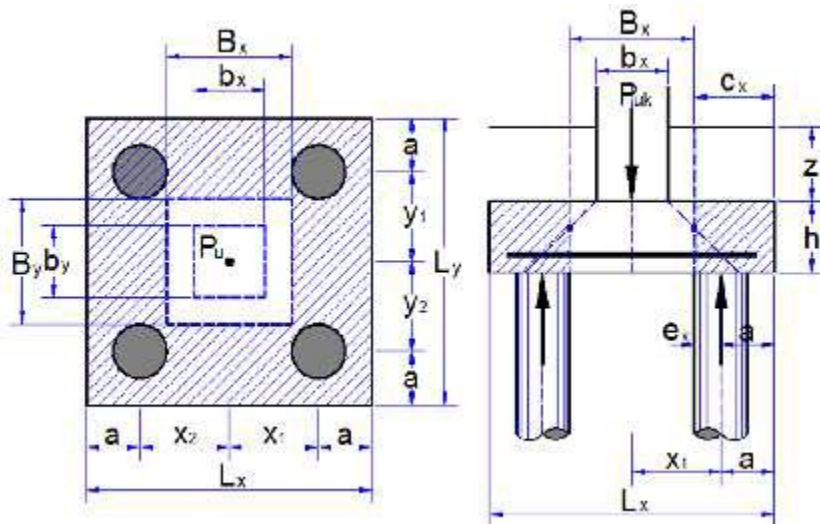
Faktor reduksi kekuatan geser $\Phi = 0.75$

Kuat geser pilecap $\Phi * V_c = 1807.484 \text{ kN}$

Syarat yang harus dipenuhi : $\Phi * V_c \geq V_{ux}$

1807,48 > 1100,333 → OK!

e. Tinjauan geser dua arah



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton $d' = 0.100 \text{ m}$
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0.400 \text{ m}$
 Lebar bidang geser pons arah x, $B_x = b_x + d = 1.000 \text{ m}$
 Lebar bidang geser pons arah y, $B_y = b_y + d = 1.000 \text{ m}$
 Gaya geser pons akibat beban terfaktor pada kolom, $P_{uk} = 1040.000 \text{ kN}$
 Luas bidang geser pons, $A_p = 2 * (B_x + B_y) * d = 1.600 \text{ m}^2$
 Lebar bidang geser pons, $b_p = 2 * (B_x + B_y) = 4.000 \text{ m}$
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_x / b_y = 1.0000$
 Tegangan geser pons, diambil nilai terkecil dari f_p yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$f_p = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} / 6 = 2.739 \text{ MPa}$$

$$f_p = [\alpha_s * d / b_p + 2] * \sqrt{f_c'} / 12 = 2.739 \text{ MPa}$$

$$f_p = 1 / 3 * \sqrt{f_c'} = 1.826 \text{ MPa}$$

Tegangan geser pons yang disyaratkan, $f_p = 1.826 \text{ MPa}$

Faktor reduksi kekuatan geser pons, $\Phi = 0.75$

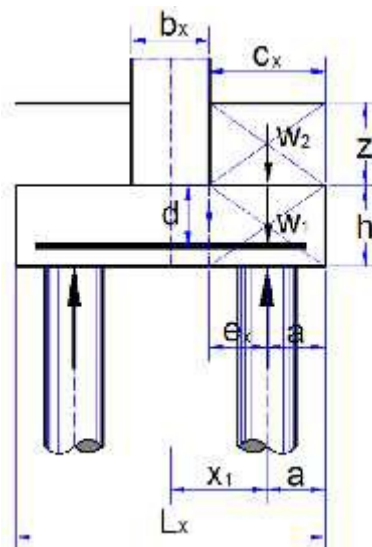
Kuat geser pons, $\Phi * V_{np} = \Phi * A_p * f_p * 10^3 = 2190.89 \text{ kN}$

Syarat : $\Phi * V_{np} \geq P_{uk}$

$$2190.890 > 1040.000 \rightarrow \text{AMAN / OK!}$$

5. Pembesian Pile Cap

a. Tulangan Lentur Arah X



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_x = (L_x - b_x) / 2 = 1,350 \text{ m}$
 Jarak tiang thd. sisi kolom, $e_x = c_x - a = 1,000 \text{ m}$
 Berat beton, $W_1 = c_x * L_y * h * w_c = 32.400 \text{ kN}$
 Berat tanah, $W_2 = c_x * L_y * z * w_s = 24.300 \text{ kN}$
 Momen yang terjadi pada pilecap,
 $M_{ux} = 2 * p_{umax} * e_x - W_1 * c_x / 2 - W_2 * c_x / 2 = 1096.710 \text{ kNm}$
 Lebar pilecap yang ditinjau, $b = L_y = 2000 \text{ mm}$
 Tebal pilecap, $h = 500 \text{ mm}$
 Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton, $d' = 100 \text{ mm}$
 Tebal efektif plat, $d = h - d' = 400 \text{ mm}$
 Kuat tekan beton, $f_c' = 30 \text{ MPa}$
 Kuat leleh baja tulangan, $f_y = 400 \text{ MPa}$
 Modulus elastis baja, $E_s = 2.00E+05 \text{ MPa}$
 Faktor distribusi teg. beton, $\beta_1 = 0.85$
 $\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0325125$
 Faktor reduksi kekuatan lentur, $\Phi = 0,80$
 $R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 7.888$
 $M_n = M_{ux} / \Phi = 1370.888 \text{ nKm}$
 $R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 4.28402$

$R_n < R_{max} \rightarrow \text{OK!}$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{\{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')\}}] = 0.0118$$

Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = 0.0025$$

Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho = 0.0118$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = r * b * d = 9442.10 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan

$$= \text{D19 mm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 60 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum

$$S_{max} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan

$$s = 60 \text{ mm}$$

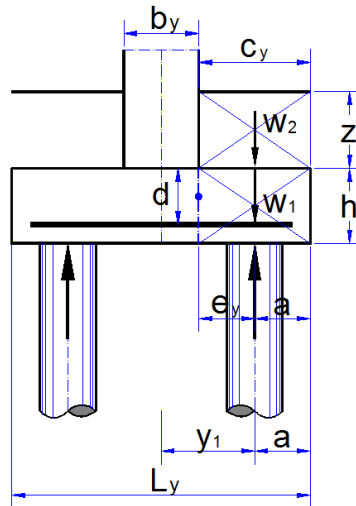
Digunakan tulangan

$$= \text{D19 - 60}$$

Luas tulangan terpakai

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 9450.96 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Lentur Arah Y



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_y = (L_y - b_y) / 2 = 0.700 \text{ m}$

Jarak tiang thd. sisi kolom,

$$e_y = c_y - a = 0.350 \text{ m}$$

Berat beton,

$$W_1 = c_y * L_x * h * w_c = 27.720 \text{ kN}$$

Berat tanah,

$$W_2 = c_y * L_x * z * w_s = 20.790 \text{ kN}$$

Momen yang terjadi pada pilecap,

$$M_{uy} = 2 * p_{umax} * e_y - W_1 * c_y / 2 - W_2 * c_y / 2 = 380,365 \text{ kNm}$$

Lebar pilecap yang ditinjau,

$$b = L_x = 3300 \text{ mm}$$

Tebal pilecap,

$$h = 500 \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton,

$$d' = 100 \text{ mm}$$

Tebal efektif plat,

$$d = h - d' = 400 \text{ mm}$$

Kuat tekan beton,

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

Kuat leleh baja tulangan, ,

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Modulus elastis baja,

$$E_s = 2.00E+05 \text{ MPa}$$

Faktor distribusi teg. beton,

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0325125$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\Phi = 0,80$$

$$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \sqrt{1 - 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)}] = 7.888$$

$$M_n = M_{ux} / \Phi = 475.332 \text{ nNm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0.90025$$

$R_n < R_{max} \rightarrow \text{OK!}$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] = 0.0023$$

Rasio tulangan minimum	$\rho_{\min} = 0.0025$
Rasio tulangan yang digunakan	$\rho = 0.0025$
Luas tulangan yang diperlukan	$A_s = r * b * d = 3300.00 \text{ mm}^2$
Diameter tulangan yang digunakan	$= \text{D19 mm}$
Jarak tulangan yang diperlukan	$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 284 \text{ mm}$
Jarak tulangan maksimum	$S_{\max} = 200 \text{ mm}$
Jarak tulangan yang digunakan	$s = 200 \text{ mm}$
Digunakan tulangan	$= \text{D19 - 200}$
Luas tulangan terpakai	$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 4678,22 \text{ mm}^2$

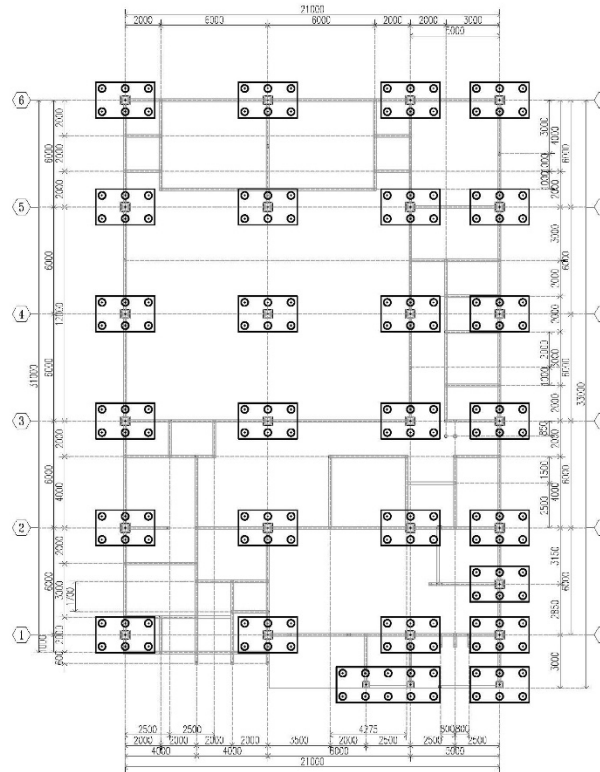
c. Tulangan Susut

Rasio tulangan susut minimum,	$\rho_{s\min} = 0.0014$
Luas tulangan susut arah x,	$A_{sx} = \rho_{s\min} * b * d = 1120 \text{ mm}^2$
Luas tulangan susut arah y,	$A_{sy} = \rho_{s\min} * b * d = 1848 \text{ mm}^2$
Diameter tulangan yang digunakan,	$= \text{Ø 12 mm}$
Jarak tulangan susut arah x,	$s_x = \pi / 4 * \text{Ø}^2 * b / A_{sx} = 202 \text{ mm}$
Jarak tulangan susut maksimum arah x	$S_{x,\max} = 200 \text{ mm}$
Jarak tulangan susut arah x yang digunakan	$S_x = 200 \text{ mm}$
Jarak tulangan susut arah y,	$s_y = \pi / 4 * \text{Ø}^2 * b / A_{sy} = 202 \text{ mm}$
Jarak tulangan susut maksimum arah y	$S_{y,\max} = 200 \text{ mm}$
Jarak tulangan susut arah y yang digunakan	$S_y = 200 \text{ mm}$
Digunakan tulangan susut arah x,	$= \text{Ø12 - 200}$
Digunakan tulangan susut arah y	$= \text{Ø12 - 200}$

Gambar desain alternatif pondasi menggunakan tiang pancang Spun Piles Φ 40 cm berikut detail gambar detail pile cap, penempatan dan pembesannya disajikan berikut ini :

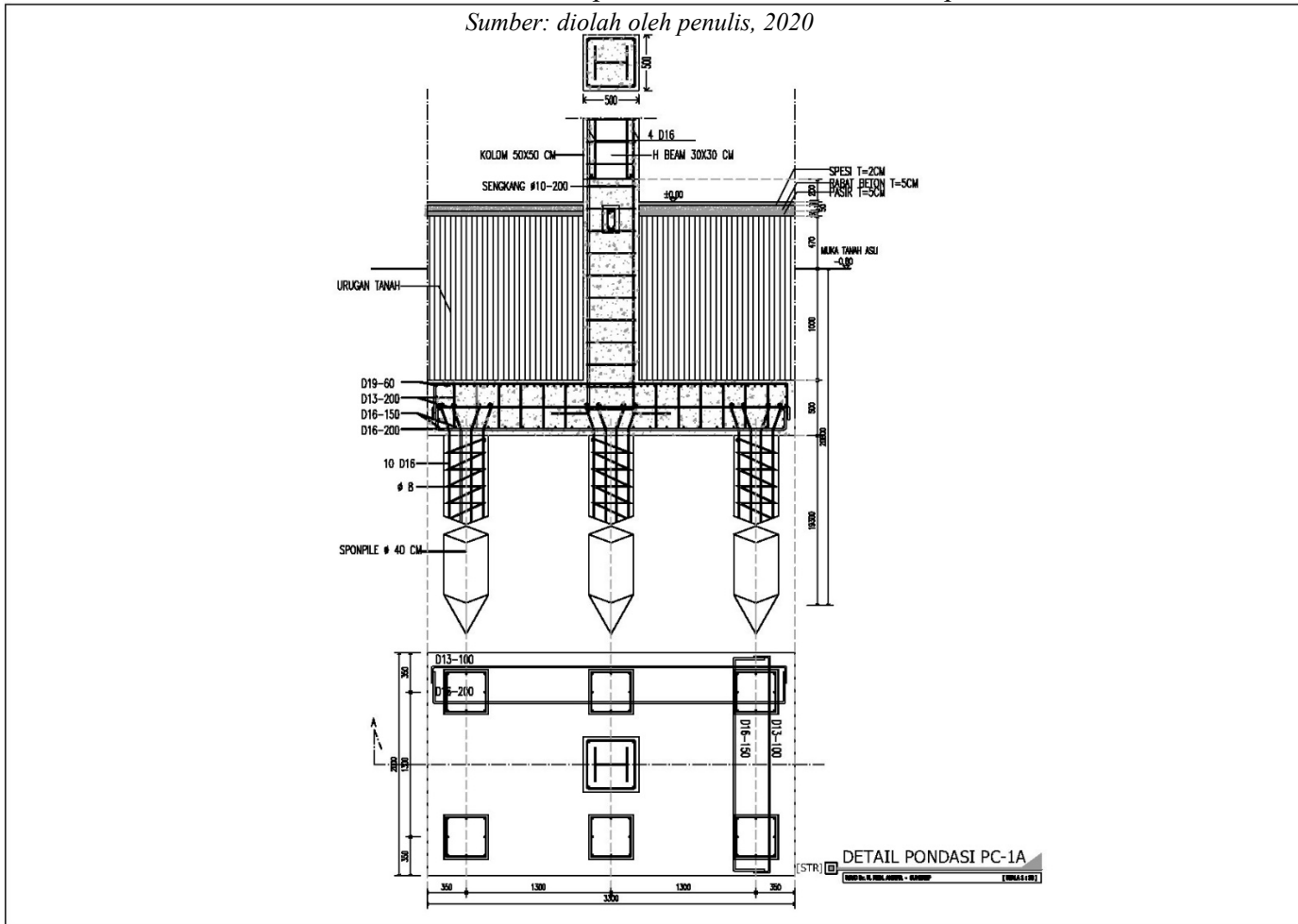
Gambar 4.8. Denah Pile Cap untuk Alternatif 1 Pondasi Spun Pile

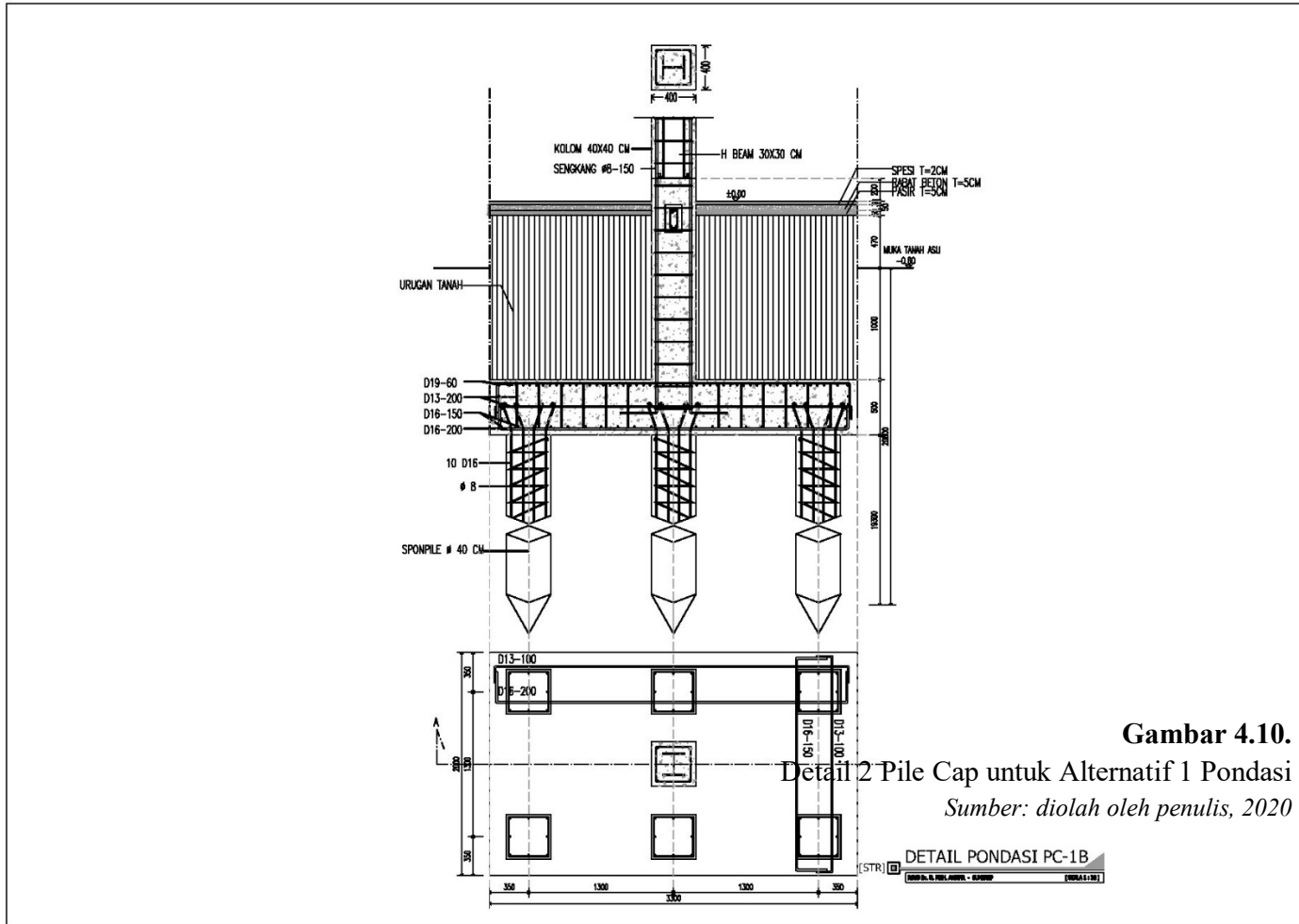
Sumber: diolah oleh penulis, 2020



Gambar 4.9. Detail 1 Pile Cap untuk Alternatif 1 Pondasi Spun Pile

Sumber: diolah oleh penulis, 2020



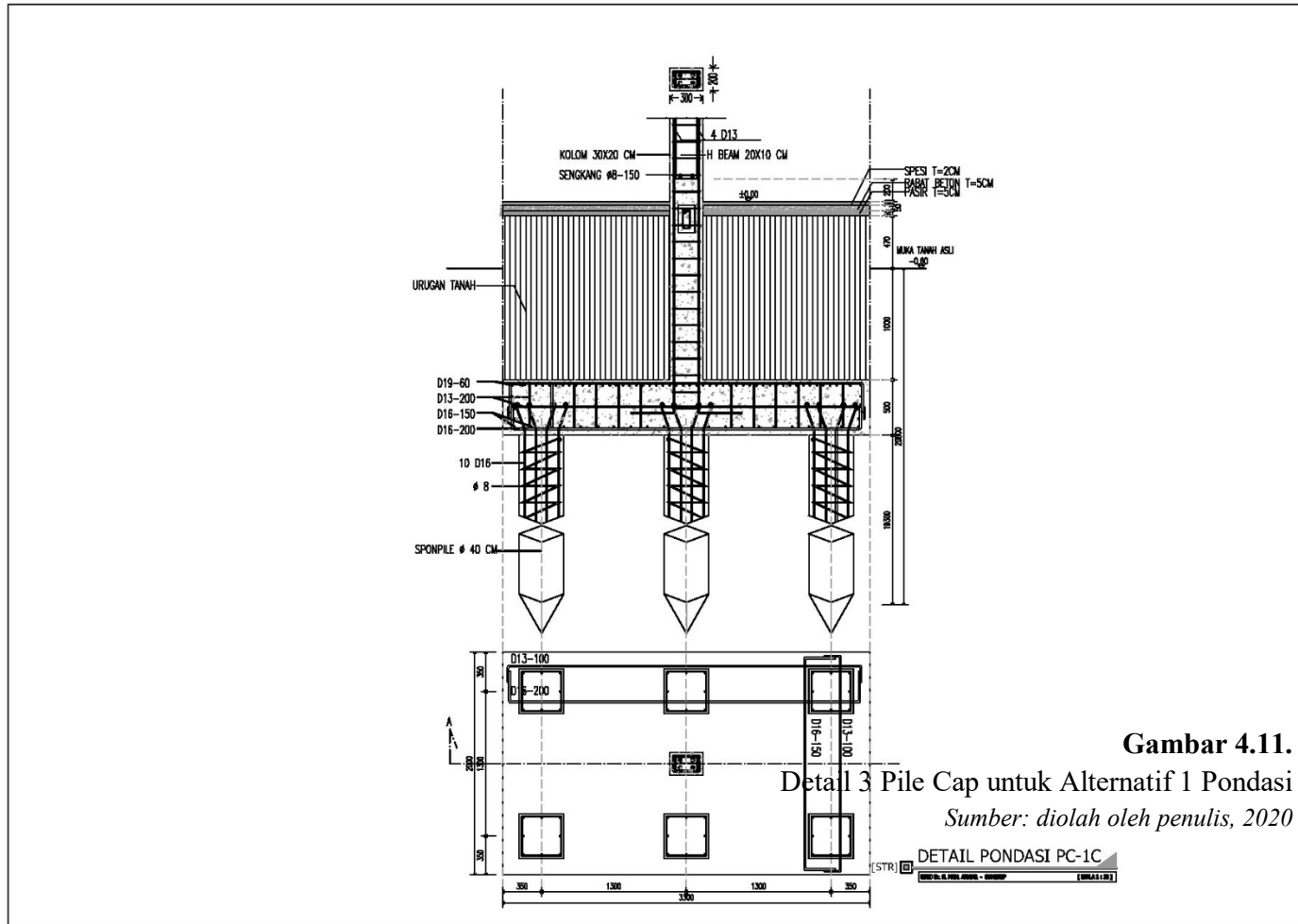


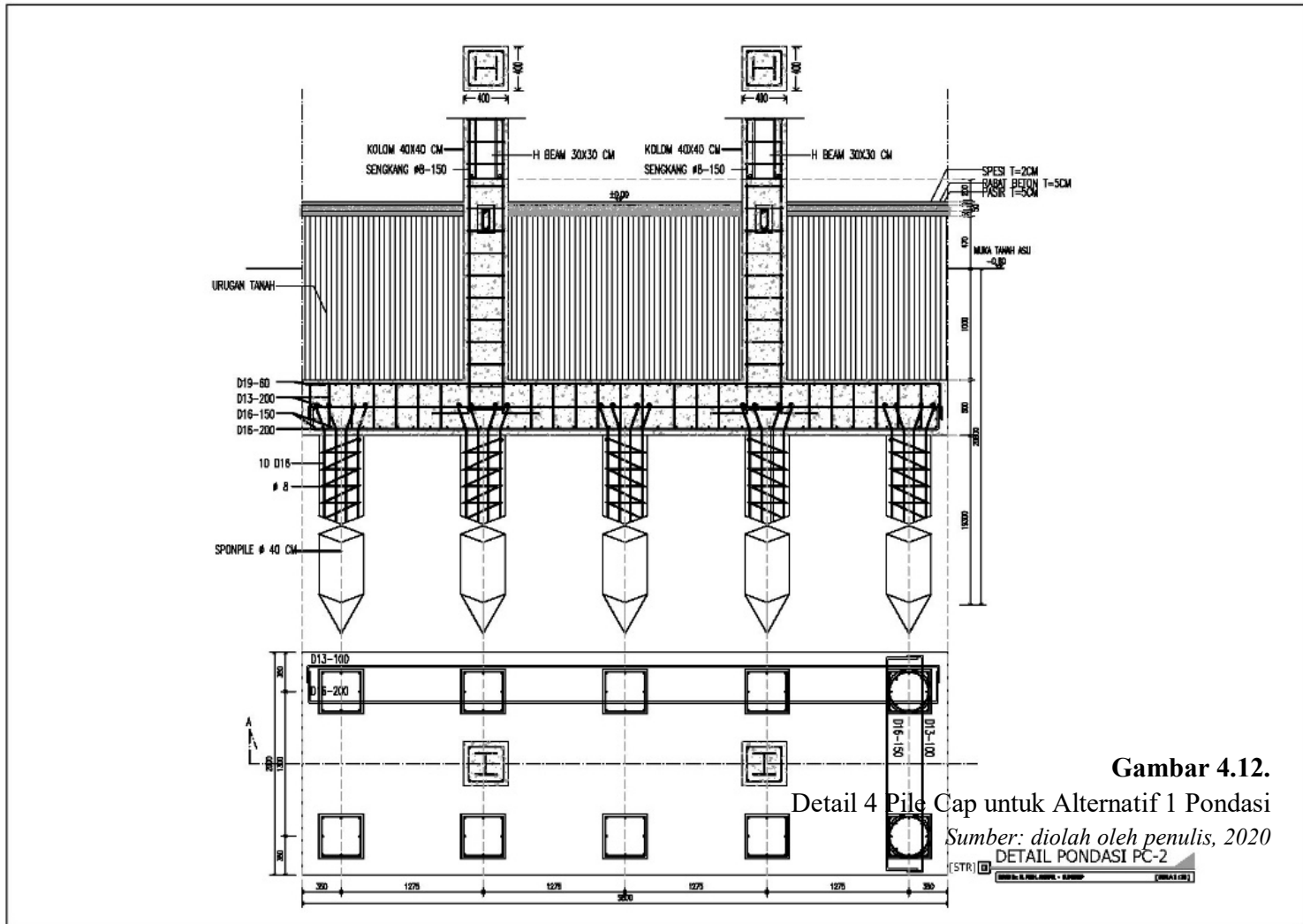
Gambar 4.10.

Detail 2 Pile Cap untuk Alternatif 1 Pondasi

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

DETAIL PONDASI PC-1B
STR 100
1:100





Gambar 4.12.

Detail 4 Pile Cap untuk Alternatif 1 Pondasi

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

DETAIL PONDASI PC-2

B. Analisis Perhitungan Struktur Pondasi Tiang Pancang Square ukuran 35x35 cm

1. Spesifikasi tiang pancang yang dipergunakan

Jenis tiang pancang : Beton bertulang penampang kotak (square piles)

Dimensi tiang pancang	S =	0,35	m
Panjang tiang pancang	L =	20,00	m
Kuat tekan beton tiang pancang	f_c' =	30	MPa
Berat beton bertulang	W_c =	24	kN/m ³

2. Tahanan Aksial Tiang Pancang

a. Berdasarkan kekuatan bahan

Luas penampang tiang pancang	$A = S * S =$	0.1225	m ²
Berat tiang pancang	$W_p = A * L * w_c =$	58.80	kN
Kuat tekan beton tiang pancang	$f_c' =$	30000	kPa
Kapasitas dukung nominal tiang pancang			
	$P_n = 0.30 * f_c' * A - 1.2 * W_p =$	1032	kN
Faktor reduksi kekuatan	$\Phi =$	0.60	
Tahanan aksial tiang pancang	$\Phi * P_n =$	619.16	kN

b. Berdasarkan hasil uji sondir (Bagemann)

▪ Tahanan ujung

Tahanan ujung nominal dihitung dengan rumus : $P_b = \omega * A_b * q_c$

Dimana :

Ω = faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang

A_b = luas ujung bawah tiang (m²)

q_c = tahanan penetrasi kerucut statis yang merupakan nilai rata-rata dihitung dari 8.D di atas dasar tiang sampai 4.D di bawah dasar tiang (kN/m²),

Diameter tiang pancang $S = 0,35$ m

Luas tampang tiang pancang, $A_b = S * S = 0,1225$ m²

Tahanan penetrasi kerucut statis rata-rata dari 8.D di atas dasar s.d. 4.D di bawah dasar tiang pancang, $q_c = 100$ kg/cm² $q_c = 10000$ kN/m²

Faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang, $\omega = 0,50$

Tahanan ujung nominal tiang pancang : $P_b = \omega * A_b * q_c = 612,500$ kN

▪ Tahanan gesek

Tahanan gesek nominal menurut Skempton dihitung dg rumus : $P_s = \Sigma [A_s * q_f]$

A_f = Luas permukaan segmen dinding tiang (m²). $A_s = 4 * S * L_1$

q_f = Tahanan gesek kerucut statis rata-rata (kN/m).

No	Kedalaman		L ₁ (m)	A _s (m ²)	q _f (kN/m ²)	P _s (kN)
	z ₁ (m)	z ₂ (m)				
1	0.00	7.00	7.0	4.2000	0.00	0.00
2	7.00	14.00	7.0	4.2000	19.20	80.64
3	14.00	20.00	6.0	4.2000	32.00	134.40
4	20.00	21.00	1.0	15,400	64.00	985.60
$P_s = \Sigma [A_s * q_f]$						1200.64

▪ Tahanan aksial tiang pancang

Tahanan nominal tiang pancang

$$P_n = P_b + P_s = 1813,14 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan

$$\Phi = 0,60$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$\Phi * P_n = 1087,88 \text{ kN}$$

c. Rekap tahanan aksial tiang pancang

No	Uraian Tahanan Aksial Tiang Pancang	$\Phi * P_n$
1	Berdasarkan kekuatan bahan	619.16
2	Berdasarkan hasil uji sondir (Bagemann)	1087.88

Daya dukung aksial terkecil $\Phi * P_n = 619.16$ kN

Diambil tahanan aksial tiang pancang $\Phi * P_n = 610.00$ kN

3. Tahanan Lateral Tiang Pancang

a. Berdasarkan defleksi tiang maksimum (Broms)

Tahanan lateral tiang (H) kategori tiang panjang, dapat dihitung dengan

$$\text{persamaan} : H = y_o * k_h * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)]$$

$$\text{dengan} : \beta = [k_h * D / (4 * E_c * I_c)]^{0.25}$$

D = Diameter tiang pancang (m)

$$S = 0,35 \text{ m}$$

L = Panjang tiang pancang (m)

$$L = 20,00 \text{ m}$$

Kh = Modulus subgrade horisontal (kN/m³)

$$Kh = 26720 \text{ kN/m}^3$$

E_c = Modulus elastis tiang (kN/m²), $E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} * 10^3 = 25742960 \text{ kN/m}^2$

I_c = Momen inersia penampang (m⁴) $I_c = \pi / 64 * D^4 = 0.001251 \text{ m}^4$

e = Jarak beban lateral terhadap muka tanah (m),

$$e = 0,05 \text{ m}$$

y_o = Defleksi tiang maksimum (m).

$$y_o = 0,006 \text{ m}$$

β = Koefisien defleksi tiang $\beta = [k_h * D / (4 * E_c * I_c)]^{0.25} = 0.519127186 \text{ m}$

$$\beta * L = 10.38 > 2.5 \quad \text{maka termasuk tiang panjang OK!}$$

Tahanan lateral nominal tiang pancang

$$H = y_o * k_h * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)] = 52,68 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan

$$\Phi = 0,60$$

Tahanan lateral tiang pancang

$$\Phi * H_n = 31.61 \text{ kN}$$

b. Berdasarkan momen maksimum (Brinch Hansen)

Kuat lentur beton tiang pancang

$$f_b = 0.40 * f_c' * 10^3 = 12000 \text{ kN/m}^2$$

Tahanan momen

$$W = I_c / (S/2) = 0.00715 \text{ m}^3$$

Momen maksimum

$$M_y = f_b * W = 85.75 \text{ kNm}$$

Kohesi tanah rata-rata di sepanjang tiang

No	Kedalaman		L ₁ (m)	c _u (kN/m ²)	c _u * L ₁
	z ₁ (m)	z ₂ (m)			
1	0.00	7.00	7.0	23.00	161.00
2	7.00	14.00	7.0	30.00	210.00
3	14.00	20.00	6.0	52.00	312.00
4	20.00	21.00	1.0	63.00	63.00
$\Sigma L_1 =$			21.0	$\Sigma c_u * L_1 =$	746.00

Kohesi tanah rata-rata,

$$\check{c}_u = \Sigma [c_u * L_1] / \Sigma L_1 = 35.5238095 \text{ kN/m}^2$$

$$f = H_n / [9 * \check{c}_u * S] \quad \text{pers.(1)}$$

$$g = L - (f + 1.5 * S) \quad \text{pers.(2)}$$

$$M_y = H_n * (e + 1.5 * S + 0.5 * f) \quad \text{pers.(3)}$$

$$M_y = 9 / 4 * S * \check{c}_u * g^2 \quad \text{pers.(4)}$$

Dari pers.(1) $f = 0.008937 * H_n$

Dari pers.(2) $g = 19,48 - 0,00894 * H_n$

$$g^2 = 0,000080 * H_n^2 - 0,348079 * H_n + 379,28$$

$$= 9 / 4 * S * C_u = 27.975$$

Dari pers.(3) $M_y = H_n * (0.575 * 0.00447 * H_n)$

$$M_y = 0.00447 * H_n^2 * 0.57500 * H_n$$

Dari pers.(4) $M_y = 0.002234 * H_n^2 * -9.7375 * H_n * 10610,236$

Pers. Kuadrat $0 = 0.00223 * H_n^2 * 10.3125 * H_n * - 10610.236$

Dari pers. kuadrat, diperoleh tahanan lateral nominal $H_n = 866.289 \text{ kN}$

$$f = 7,742 \text{ m}$$

$$M_{\max} = H_n * (e + 1.5 * S + 0.5 * f) = 3851,367 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} > M_y \quad \rightarrow \text{Termasuk tiang panjang OK!}$$

Dari pers.(3) $M_y = H_n * (0.575 * 0.00447 * H_n)$

$$85,75 = 0,00447 * H_n^2 * 0,57500 * H_u$$

Pers. Kuadrat $0 = 0,00447 * H_n^2 + 0,57500 H_n * - 85,75$

Dari pers. kuadrat, diperoleh tahanan lateral nominal $H_n = 88.402 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan $\Phi = 0,60$

Tahanan lateral tiang pancang $\Phi * H_n = 53,04 \text{ kN}$

c. Rekap tahanan lateral tiang

No	Uraian Tahanan Lateral Tiang Pancang	$\Phi * H_n$
1	Berdasarkan defleksi tiang maksimum (Broms)	31.61
2	Berdasarkan momen maksimum (Brinch Hansen)	53.04
	Tahanan lateral tiang terkecil	$\Phi * H_n = 31.61$ kN
	Diambil tahanan lateral tiang pancang	$\Phi * H_n = 30.00$ kN

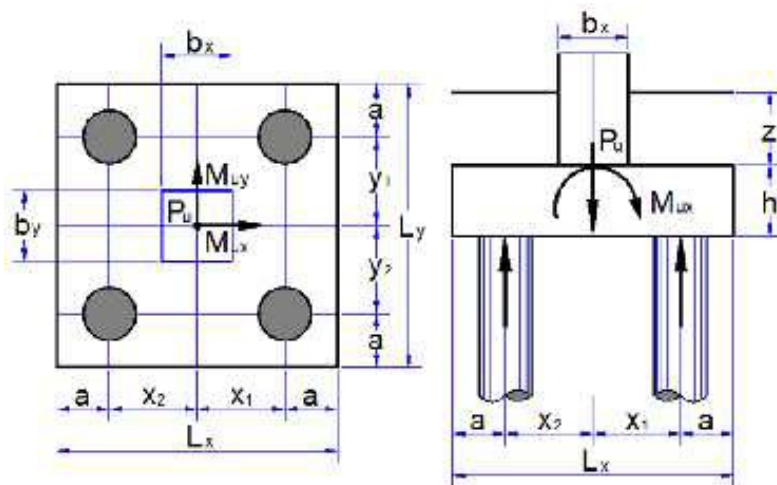
4. Perhitungan Kekuatan Pondasi

Spesifikasi Pilecap

Kuat tekan beton	$f_c' =$	30	MPa
Kuat leleh baja tulangan deform ($\emptyset > 12 \text{ mm}$)	$f_y =$	400	MPa
Kuat leleh baja tulangan polos ($\emptyset \leq 12 \text{ mm}$)	$f_y =$	400	MPa
Berat beton bertulang,	$W_c =$	24	kN/m ³

Data dimensi pondasi

Lebar kolom arah x,	$b_x =$	0.60	m
Lebar kolom arah y,	$b_y =$	0.60	m
Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton	$a =$	0.35	m
Tebal pilecap,,	$h =$	0.50	m
Tebal tanah di atas pilecap	$z =$	0,60	m
Berat volume tanah di atas pilecap	$w_s =$	15.00	kN/m ³
Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)	$\alpha_s =$	40	



Data beban pondasi

Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor,	$P_{uk} =$	1040.00	kN
Momen arah x akibat beban terfaktor.	$M_{ux} =$	258.00	kNm
Momen arah y akibat beban terfaktor.	$M_{uy} =$	258.00	kNm
Gaya lateral arah x akibat beban terfaktor,	$H_{ux} =$	21.00	kN
Gaya lateral arah y akibat beban terfaktor,	$H_{uy} =$	29.00	kN
Tahanan aksial tiang pancang,	$\Phi * P_n =$	610.00	kN
Tahanan lateral tiang pancang,	$\Phi * H_n =$	30.00	kN

Data susunan tiang pancang

Susunan tiang pancang arah X :				Susunan tiang pancang arah Y :			
No	Jumlah n	x (m)	n * x ² (m ²)	No	Jumlah n	y (m)	n * y ² (m ²)
1	3	1,30	5,07	1	2	1,30	3,38
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
n =	3	$\Sigma x^2 =$	5,07	n =	2	$\Sigma y^2 =$	3,38
Lebar pilecap arah x,						$L_x =$	3,30 m
Lebar pilecap arah y,						$L_y =$	2,00 m

f. Gaya Aksial pada Tiang Pancang

Berat tanah di atas pilecap	$W_s = L_x * L_y * z * w_s = 59,40 \text{ kN}$
Berat pilecap	$W_c = L_x * L_y * h * w_c = 79,20 \text{ kN}$
Total gaya aksial terfaktor	$P_u = P_{uk} + 1.2 * W_s + 1.2 * W_c = 1206.32 \text{ kN}$
Lengan maksimum tiang pancang arah x thd. Pusat	$x_{max} = 1.30 \text{ m}$
Lengan maksimum tiang pancang arah y thd. Pusat	$y_{max} = 1.30 \text{ m}$
Lengan minimum tiang pancang arah x thd. Pusat	$x_{min} = 1.30 \text{ m}$
Lengan minimum tiang pancang arah y thd. Pusat	$y_{min} = 1.30 \text{ m}$
Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang	

$$p_{umax} = P_u / n + M_{ux} * x_{max} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{max} / \Sigma y^2 = 567.49 \text{ kN}$$

$$p_{umin} = P_u / n + M_{ux} * x_{min} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{min} / \Sigma y^2 = 567.49 \text{ kN}$$

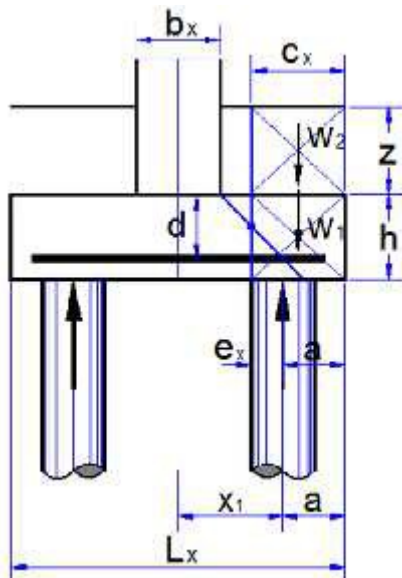
Syarat : $p_{umax} \leq \Phi * P_n$
 $567,49 < 560.00 \rightarrow \text{OK!}$

g. Gaya Lateral pada Tiang Pancang

Gaya lateral arah x pada tiang	$h_{ux} = H_{ux} / n = 7,00 \text{ kN}$
Gaya lateral arah y pada tiang	$h_{uy} = H_{uy} / n = 9,67 \text{ kN}$
Gaya lateral kombinasi dua arah	$h_{umax} = \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} = 11,94 \text{ kN}$

Syarat : $h_{umax} \leq \Phi * H_n$
 $11,94 < 30,0 \rightarrow \text{OK!}$

h. Tinjauan geser arah X



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton $d' = 0,100 \text{ m}$
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0,400 \text{ m}$
 Jarak bid. kritis terhadap sisi luar, $c_x = (L_x - b_x - d) / 2 = 1,150 \text{ m}$
 Berat beton, $W_1 = c_x * L_y * h * w_c = 27,600 \text{ kN}$
 Berat tanah, $W_2 = c_x * L_y * z * w_s = 20,700 \text{ kN}$
 Gaya geser arah x, $V_{ux} = 2 * p_{umax} - W_1 - W_2 = 1086.683 \text{ kN}$
 Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x, $b = L_y = 2000 \text{ mm}$
 Tebal efektif pilecap, $d = 400 \text{ mm}$
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_x / b_y = 1.0000$
 Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c} * b * d / 6 * 10^{-3} = 2190,890 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c} * b * d / 12 * 10^{-3} = 3651,484 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c} * b * d * 10^{-3} = 1460,593 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser pilecap $V_c = 1460,593 \text{ kN}$

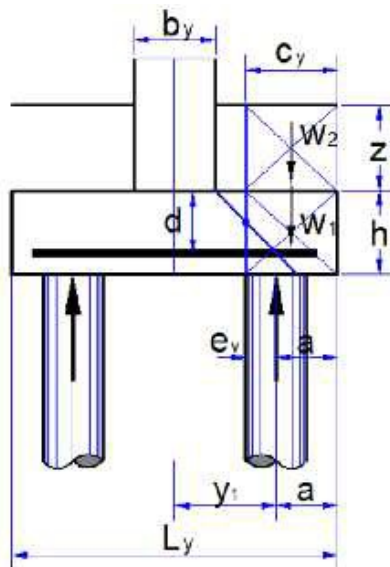
Faktor reduksi kekuatan geser $\Phi = 0,75$

Kuat geser pilecap $\Phi * V_c = 1095,445 \text{ kN}$

Syarat : $\Phi * V_c \geq V_{ux}$

$$1095,445 > 1086,683 \rightarrow \text{OK!}$$

i. Tinjauan geser arah Y



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton $d' = 0,100 \text{ m}$
 Tebal efektif pilecap $d = h - d' = 0,400 \text{ m}$
 Jarak bid. kritis terhadap sisi luar $c_y = (L_y - b_y - d) / 2 = 0,500 \text{ m}$
 Berat beton $W_1 = c_y * L_x * h * w_c = 19.800 \text{ kN}$
 Berat tanah $W_2 = c_y * L_x * z * w_s = 14,850 \text{ kN}$
 Gaya geser arah y $V_{uy} = 2 * p_{umax} - W_1 - W_2 = 1100.333 \text{ kN}$
 Lebar bidang geser untuk tinjauan arah y $b = L_x = 3300 \text{ mm}$
 Tebal efektif pilecap $d = 400 \text{ mm}$
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom $\beta_c = b_x / b_y = 1.0000$
 Kuat geser pilecap arah y, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut ;

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} = 3614,969 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} = 4126,177 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f_c'} * b * d * 10^{-3} = 2409,979 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser pilecap $V_c = 2409,979 \text{ kN}$

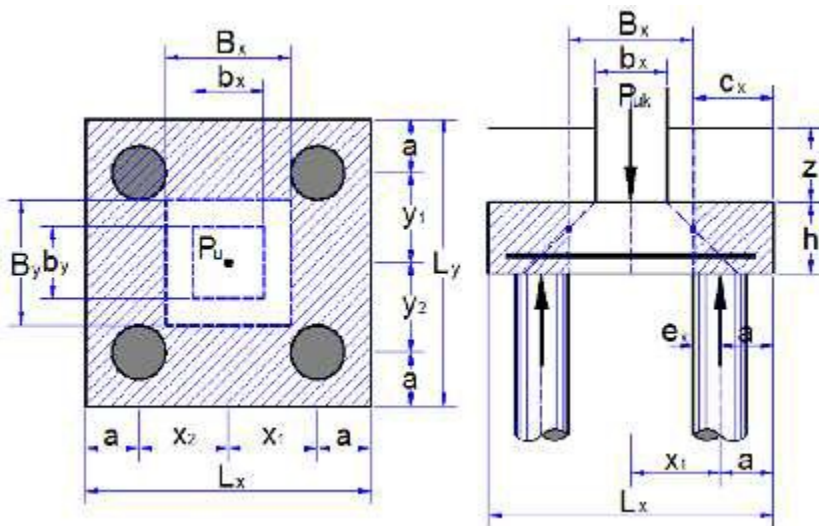
Faktor reduksi kekuatan geser $\Phi = 0.75$

Kuat geser pilecap $\Phi * V_c = 1807,484 \text{ kN}$

Syarat yang harus dipenuhi : $\Phi * V_c \geq V_{ux}$

$$1807.48 > 1100,333 \rightarrow \text{OK!}$$

j. Tinjauan geser dua arah (PONS)



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton $d' = 0,100$ m
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0,400$ m
 Lebar bidang geser pons arah x, $B_x = b_x + d = 1.000$ m
 Lebar bidang geser pons arah y, $B_y = b_y + d = 1.000$ m
 Gaya geser pons akibat beban terfaktor pada kolom, $P_{uk} = 1040.000$ kN
 Luas bidang geser pons, $A_p = 2 * (B_x + B_y) * d = 1.600$ m²
 Lebar bidang geser pons, $b_p = 2 * (B_x + B_y) = 4.000$ m
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_x / b_y = 1.0000$
 Tegangan geser pons, diambil nilai terkecil dari f_p yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$f_p = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c' / 6} = 2,739 \text{ MPa}$$

$$f_p = [\alpha_s * d / b_p + 2] * \sqrt{f_c' / 12} = 2,739 \text{ MPa}$$

$$f_p = 1 / 3 * \sqrt{f_c'} = 1,826 \text{ MPa}$$

Tegangan geser pons yang disyaratkan, $f_p = 1,826$ MPa
 Faktor reduksi kekuatan geser pons, $\Phi = 0,75$
 Kuat geser pons, $\Phi * V_{np} = \Phi * A_p * f_p * 10^3 = 2190,89$ kN
 Syarat : $\Phi * V_{np} \geq P_{uk}$
 $2190,890 > 1040.000 \rightarrow \text{AMAN / OK!}$

5. Pembesian Pile Cap

a. Tulangan Lentur Arah X

Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_x = (L_x - b_x) / 2 = 1.,350$ m
 Jarak tiang thd. sisi kolom, $e_x = c_x - a = 1,000$ m
 Berat beton, $W_1 = c_x * L_y * h * w_c = 32,400$ kN
 Berat tanah, $W_2 = c_x * L_y * z * w_s = 24,300$ kN
 Momen yang terjadi pada pilecap,
 $M_{ux} = 2 * p_{umax} * e_x - W_1 * c_x / 2 - W_2 * c_x / 2 = 1096,710$ kNm
 Lebar pilecap yang ditinjau, $b = L_y = 2000$ mm
 Tebal pilecap, $h = 500$ mm
 Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton, $d' = 100$ mm
 Tebal efektif plat, $d = h - d' = 400$ mm
 Kuat tekan beton, $f_c' = 30$ MPa
 Kuat leleh baja tulangan, $f_y = 400$ MPa
 Modulus elastis baja, $E_s = 2.00E+05$ MPa
 Faktor distribusi teg. beton, $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0325125$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

$$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 7,888$$

$$M_n = M_{ux} / \phi = 1370,888 \text{ nKm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 4,28402$$

Syarat : $R_n < R_{max} \rightarrow \text{OK!}$
4,28402 < 7,888 \rightarrow OK!

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{ 1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c') }] = 0,0118$$

Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = 0,0025$$

Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho = 0,0118$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho * b * d = 9442,10 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan

$$= \text{D19 mm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 60 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum

$$S_{max} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan

$$s = 60 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan

$$= \text{D19 - 60}$$

Luas tulangan terpakai

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 9450,96 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Lentur Arah Y

Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_y = (L_y - b_y) / 2 = 0,700 \text{ m}$

Jarak tiang thd. sisi kolom,

$$e_y = c_y - a = 0,350 \text{ m}$$

Berat beton,

$$W_1 = c_y * L_x * h * w_c = 27,720 \text{ kN}$$

Berat tanah,

$$W_2 = c_y * L_x * z * w_s = 20,790 \text{ kN}$$

Momen yang terjadi pada pilecap,

$$M_{uy} = 2 * p_{umax} * e_y - W_1 * c_y / 2 - W_2 * c_y / 2 = 380,265 \text{ kNm}$$

Lebar pilecap yang ditinjau,

$$b = L_x = 3300 \text{ mm}$$

Tebal pilecap,

$$h = 500 \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton,

$$d' = 100 \text{ mm}$$

Tebal efektif plat,

$$d = h - d' = 400 \text{ mm}$$

Kuat tekan beton,

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja tulangan, ,

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Modulus elastis baja,

$$E_s = 2.00E+05 \text{ MPa}$$

Faktor distribusi teg. beton,

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0325125$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\Phi = 0.80$

$$R_{\max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 7,888$$

$$M_n = M_{ux} / \Phi = 475,332 \text{ nKm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,90025$$

Syarat : $R_n < R_{\max} \rightarrow \text{OK!}$
 $0,90025 < 7,888 \rightarrow \text{OK!}$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0.0023$$

Rasio tulangan minimum

$$\rho_{\min} = 0.0025$$

Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho = 0.0025$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = r * b * d = 3300.00 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan

$$= \text{D19 mm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 284 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum

$$S_{\max} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan

$$s = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan

$$= \text{D19 - 200}$$

Luas tulangan terpakai

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 4678,22 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Susut

Rasio tulangan susut minimum,

$$\rho_{s\min} = 0.0014$$

Luas tulangan susut arah x,

$$A_{sx} = \rho_{s\min} * b * d = 1120 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan susut arah y,

$$A_{sy} = \rho_{s\min} * b * d = 1848 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$= \text{Ø 12 mm}$$

Jarak tulangan susut arah x,

$$s_x = \pi / 4 * \text{Ø}^2 * b / A_{sx} = 202 \text{ mm}$$

Jarak tulangan susut maksimum arah x

$$S_{x,\max} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan susut arah x yang digunakan

$$S_x = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan susut arah y,

$$s_y = \pi / 4 * \text{Ø}^2 * b / A_{sy} = 202 \text{ mm}$$

Jarak tulangan susut maksimum arah y

$$S_{y,\max} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan susut arah y yang digunakan

$$S_y = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut arah x,

$$= \text{Ø12 - 200}$$

Digunakan tulangan susut arah y

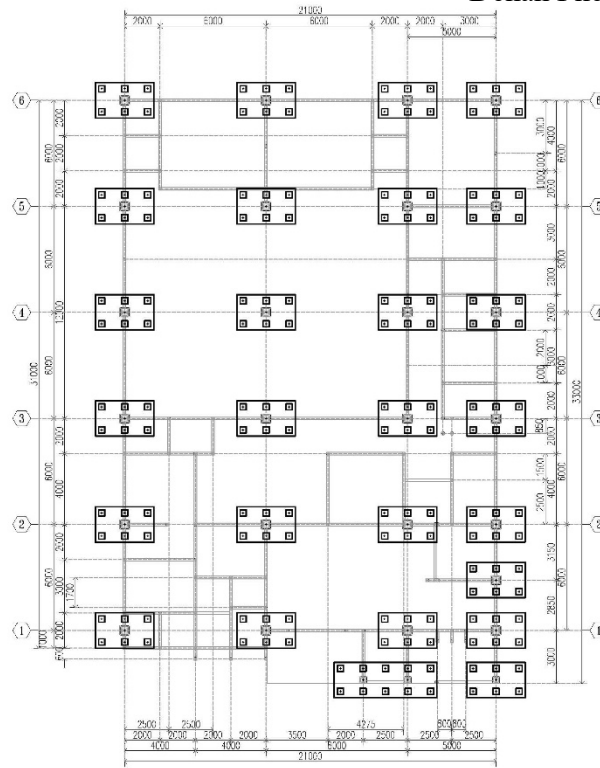
$$= \text{Ø12 - 200}$$

Gambar desain alternatif menggunakan pondasi tiang pancang ukuran 35 x 35 cm berikut detail gambar detail pile cap, penempatan dan pembesannya disajikan berikut ini :

Gambar 4.13.

Denah Pile Cap untuk Alternatif 2 Pondasi

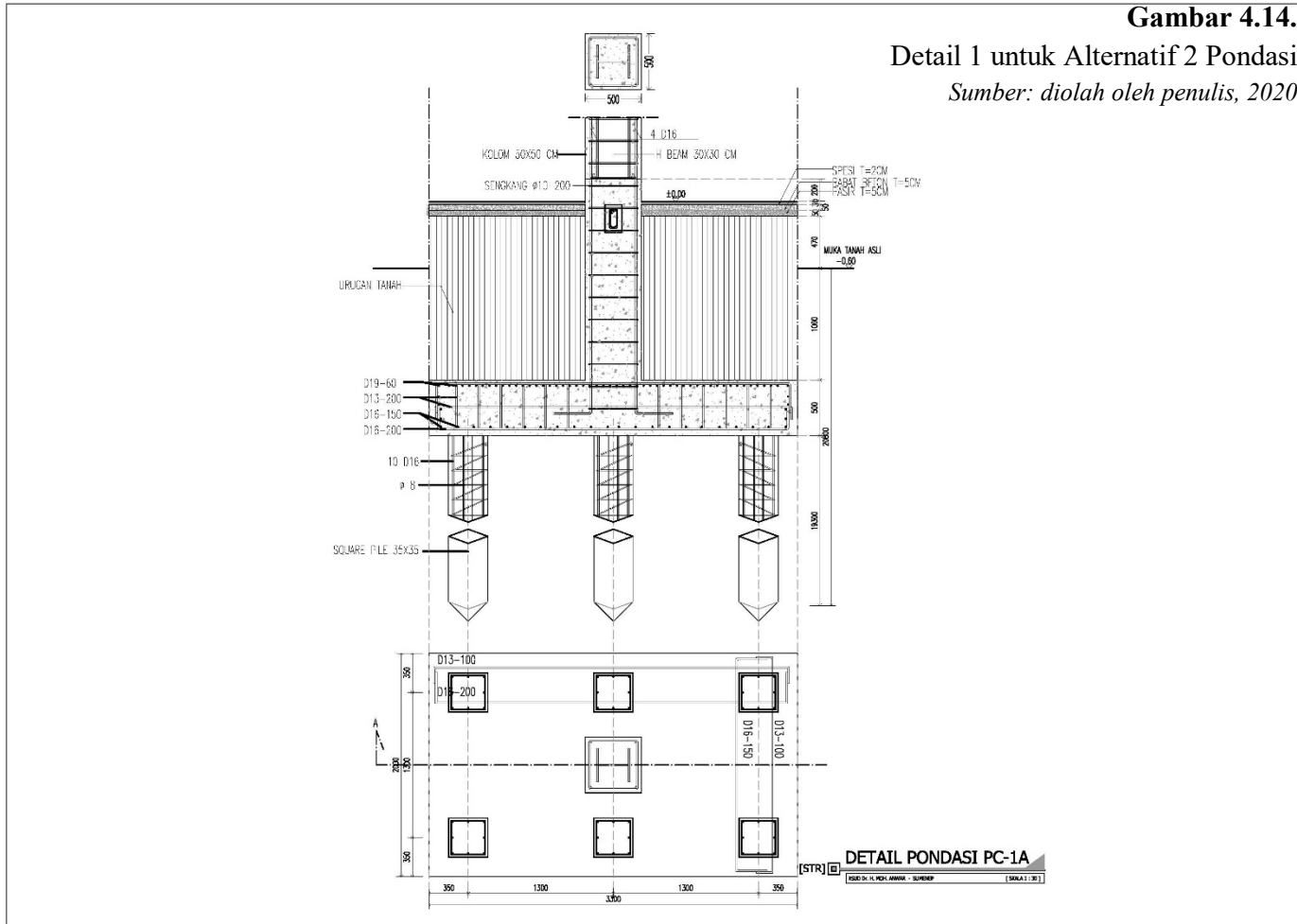
Sumber: diolah oleh penulis, 2020

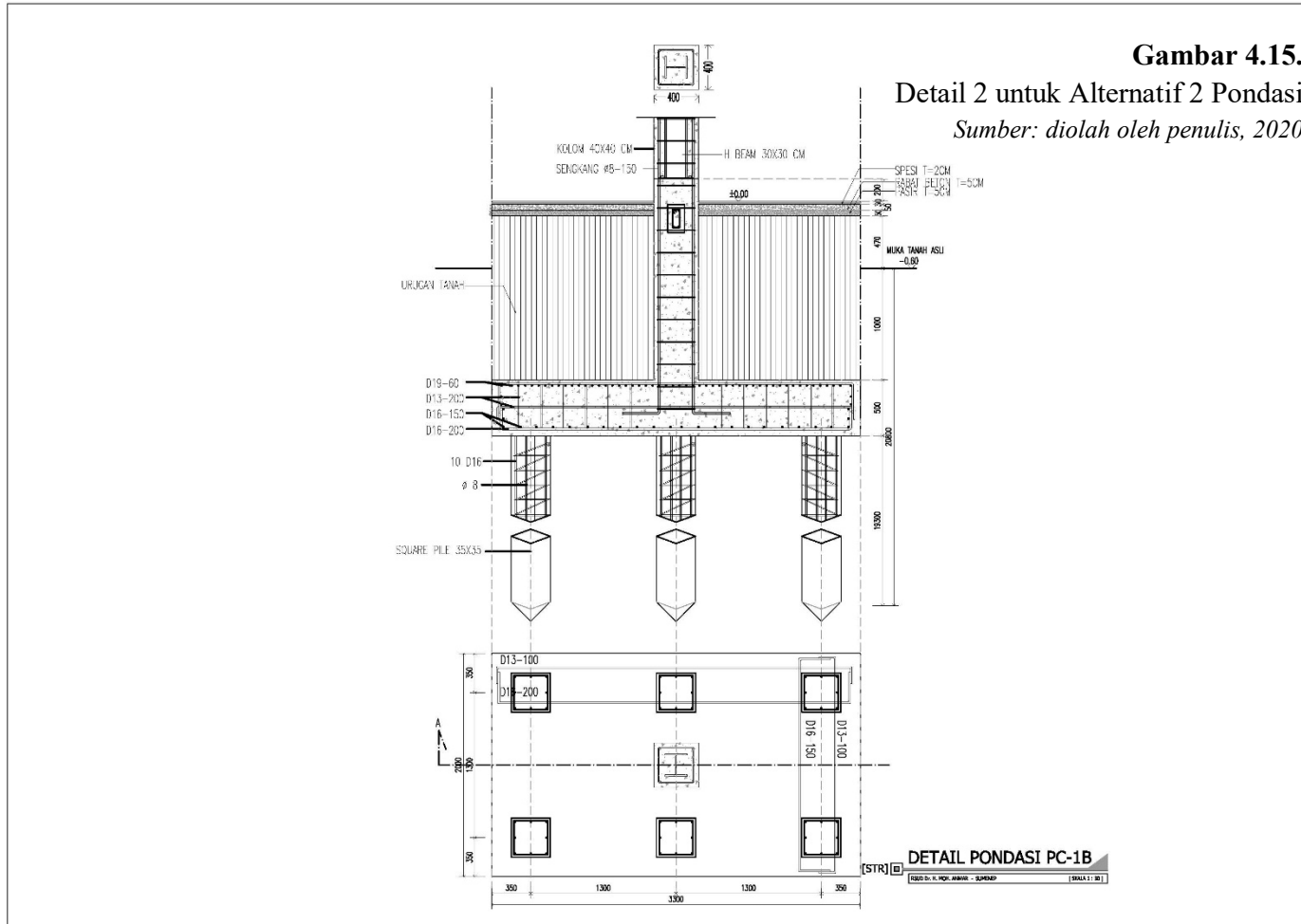


Gambar 4.14.

Detail 1 untuk Alternatif 2 Pondasi

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

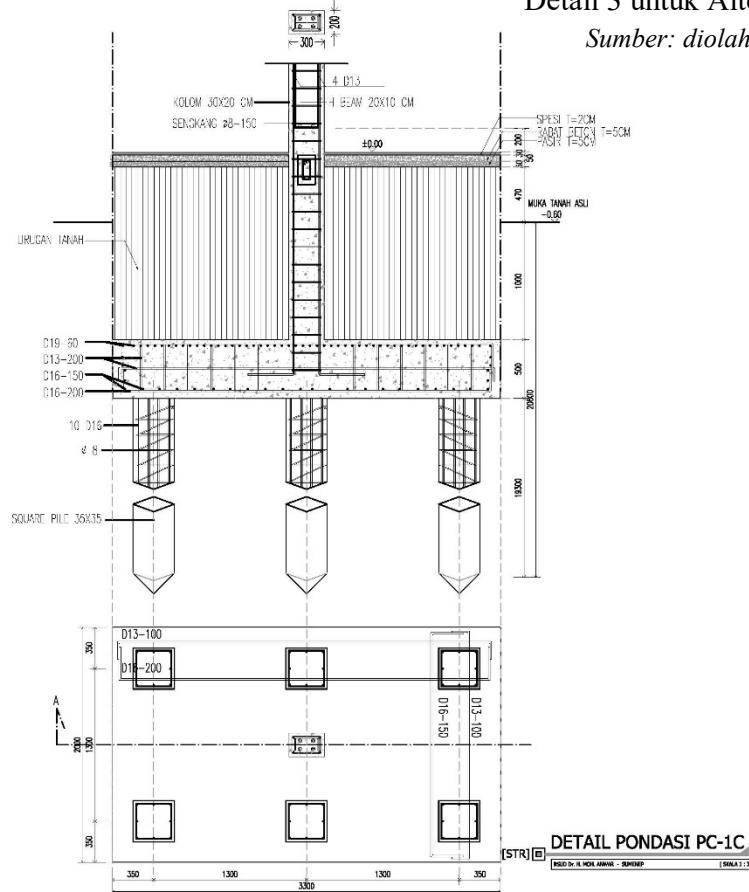




Gambar 4.16.

Detail 3 untuk Alternatif 2 Pondasi

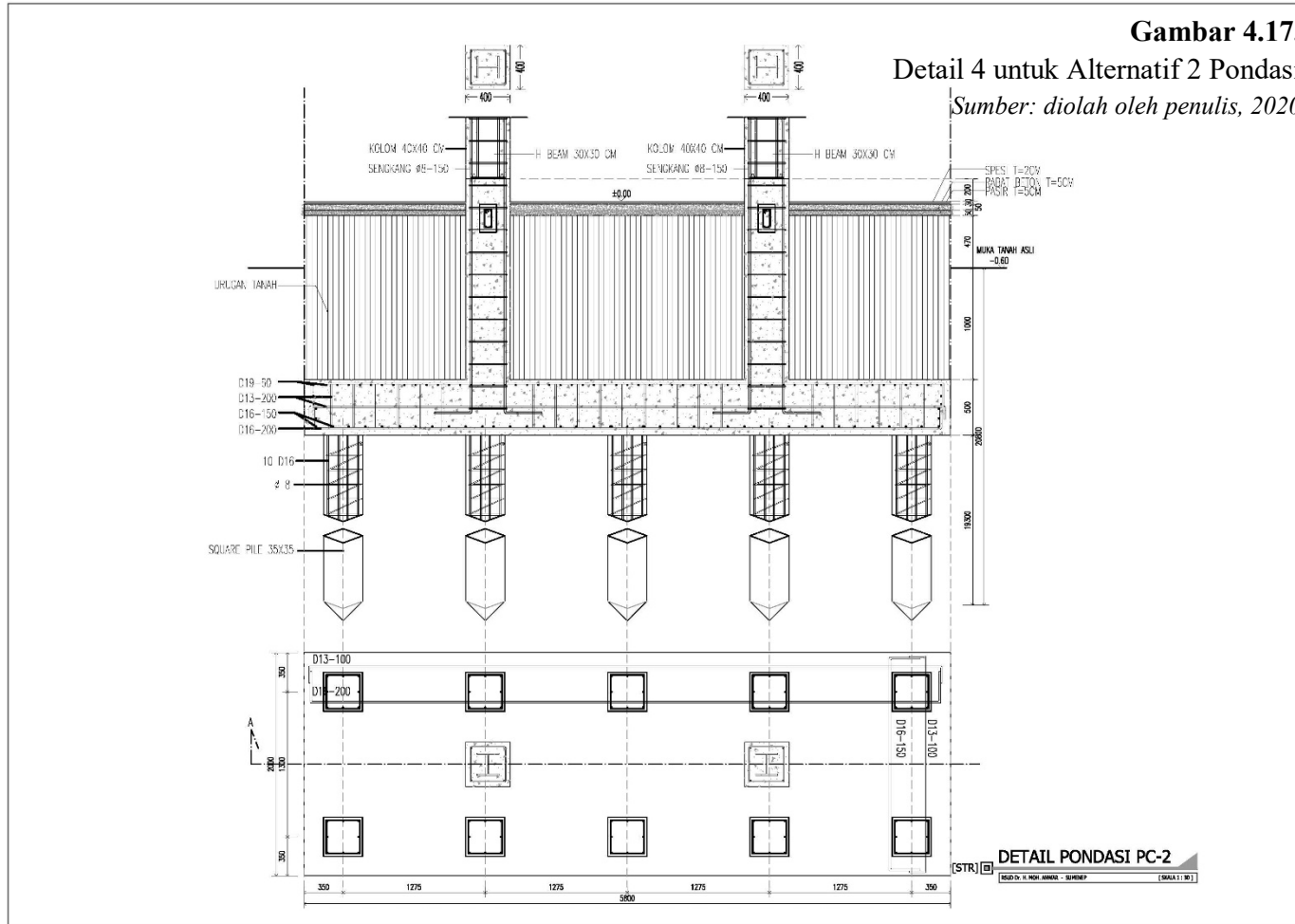
Sumber: diolah oleh penulis, 2020



Gambar 4.17.

Detail 4 untuk Alternatif 2 Pondasi

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

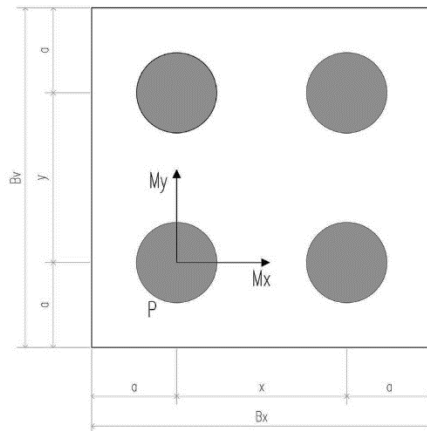


C. Analisis Perhitungan Struktur untuk Pondasi Bore Pile
Spesifikasi pondasi tiang bor (bore pile) yang dipergunakan :

Tabel 4.13. Data Pondasi Tiang Bor (Bore Pile)

Bahan material				Po		
				Berat volume tanah		
Kuat tekan beton	$f_c' =$	30.00	MPa	$W_s =$	16.10	kN/m^3
Mutu baja tulangan	BjTS -	40		Sudut geser dalam		
Tegangan leleh baja	$f_y =$	400	MPa	$\Phi =$	20.00	$^\circ$
Modulus elastisitas beton	$E_c =$	25743	MPa	Kohesi tanah		
Berat volume beton bertulang	$W_c =$	25.00		$C =$	11	kPa
Dimensi pile Cap						
Lebar arah x	$B_x =$	1.70	m	tebal	$h_p =$	0.50 m
Lebar arah y	$B_y =$	1.70	m	tebal	$h_t =$	0.50 m
Depan	$L_1 =$	0.63	m	belakang	$L_2 =$	0.63 m
Dimensi						
Diameter	$D =$	0.40	m	Panjang	$L =$	20.00 m
Jarak pusat tiang bor terluar terhadap sisi luar pile cap				$a =$	0.40	m

Sumber: diolah oleh penulis, 2020



Data susunan tiang bor (bor pile)	
Jumlah baris tiang bor	$n_y = 2,0$ buah
Jumlah tiang bor dalam satu baris	$n_x = 2,0$ buah
Jarak antar tiang bor arah x	$X = 0,900$ m
Jarak antar tiang bor arah y	$Y = 0,900$ m

Daya dukung aksial ijin tiang bor :

1. Berdasarkan kekuatan bahan

Bentuk penampang tiang bor

Diameter tiang bor : $D = 400 \text{ mm} = 0,40 \text{ m}$ Kekuatan tekan beton (K-250) : $f_c' = 30 \text{ Mpa}; f_y = 30000 \text{ kPa}$ Panjang tiang bor : $L = 20,00 \text{ m}$ Luas penampang tiang bor : $A = \pi/4 * D^2 = 0,1256 \text{ m}^2$ Berat beton : $W_a = 25 \text{ kN/m}^3$ Berat tiang bor beton : $W_p = A * L * W_a = 62,80 \text{ kN}$

Kapasitas daya dukung ultimate tiang bor beton

$$P_u = 0,60 * f_c' * A - 1,2 * W_p$$

$$= 2185,44 \text{ kN}$$

Angka keamanan untuk bahan beton SF = 2.50

Daya dukung tiang bor : $P = P_u / SF = 874 \text{ kN}$ Berat tiang bor beton : $W_p = A * L * W_a = 65,31 \text{ kN}$

2. Menurut Bagement (Data Pengujian)

$$P_{ijin} = A * Q_c/3 + K * L * q_f/5$$

$q_c =$ nilai konus rata-rata	35.00	kg/cm ²	$q_c =$	3500 kN/m ²
$q_f =$ nilai hambatan lekat rata-rata	6.40	kg/cm ²	$q_f =$	639.6 kN/m ²
$A =$ luas penampang tiang bor	$A = \pi/4 * (D^2) =$			0.13
$K =$ keliling tiang bor	$A = \pi * D =$			1.26
$L =$ panjang tiang bor	$L =$			20.00
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_c/3 + K * L * q_f/5$			3359,88

Rekap daya dukung aksial tiang bor

No.	Uraian Daya Dukung Aksial Tiang Bor	P (kN)
1	Berdasarkan kekuatan bahan	874
2	Berdasarkan data sondir	3360
Daya dukung aksila terkecil,		$P =$ 874

Jumlah baris tiang bor ny = 2,0

Jumlah tiang bor dalam satu baris nx = 2,0

Jarak antar tiang bor X = 0,9

Y = 0,9

Jarak antar tiang bor terkecil S = 0,9

Diameter tiang bor D = 0,4

Efisiensi kelompok tiang bor (menurut BDM):

$$E_f = [2 * (n_y + n_x - 2) * S + 4 * D] / (\pi * D * n_y * n_x) = 1,035$$

$$P \text{ ijin} = P * E_f = 904 \text{ kN}$$

Diambil daya dukung aksial ijin tiang bor	Pijin =	904 kN
---	---------	--------

Daya dukung lateral ijin tiang bor

Kedalaman ujung tiang = $L_a = H_p = 0.50 \text{ m}$

Sudut geser dalam = $\Phi = 20.00^\circ$

Panjang tiang bor = $L = 20.00 \text{ m}$

Panjang jepitan tiang bor = $L_d = 1/3 * L = 6.67 \text{ m}$

$B_y = 1.70 \text{ m}$

$w_s = 16.10 \text{ kN/m}^3$

Koefisien tekanan tanah pasif = $K_p = \tan^2 (45 + \Phi/2) = 2.41$

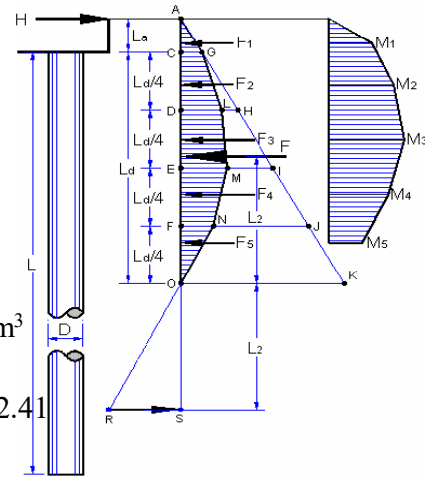


Diagram tekanan tanah pasif efektif ;

BAG	KEDALAMAN	H (m)	H*ws*Kp (kN/m ²)	BAGIAN	P
OK	$L_a + L_d =$	7.17	278.15	O	0.00
FJ	$L_a + 3/4 L_d =$	5.50	213.46	FN = 1/4 FJ	53.37
EI	$L_a + 1/2 L_d =$	3.83	148.78	EM = 1/2 EI	74.39
DH	$L_a + 1/4 L_d =$	2.17	84.09	DL = 3/4 DH	63.07
CG	$L_a =$	0.50	19.41	CG	19.41

Kode	P1 (kN/m ²)	P2 (kN/m ²)	Panjang bagian		F (kN)	Lengan thd O (m)	M kNm	
			Notasi	(m)				
F1	0	53.37	$L_a =$	0.50	90.72	6.83	619.92	
F2	53.37	74.39	$L_d/4 =$	1.67	723.93	5.83	4222.94	
F3	74.39	63.07	$L_d/4 =$	1.67	778.91	4.17	3245.48	
F4	63.07	19.41	$L_d/4 =$	1.67	467.35	2.50	1168.37	
F5	19.41	0.00	$L_d/4 =$	1.67	109.96	1.11	122.18	
Total					F =	2170.88	M =	9378.89

$$L_2 = M / F = 4.32 \text{ m}$$

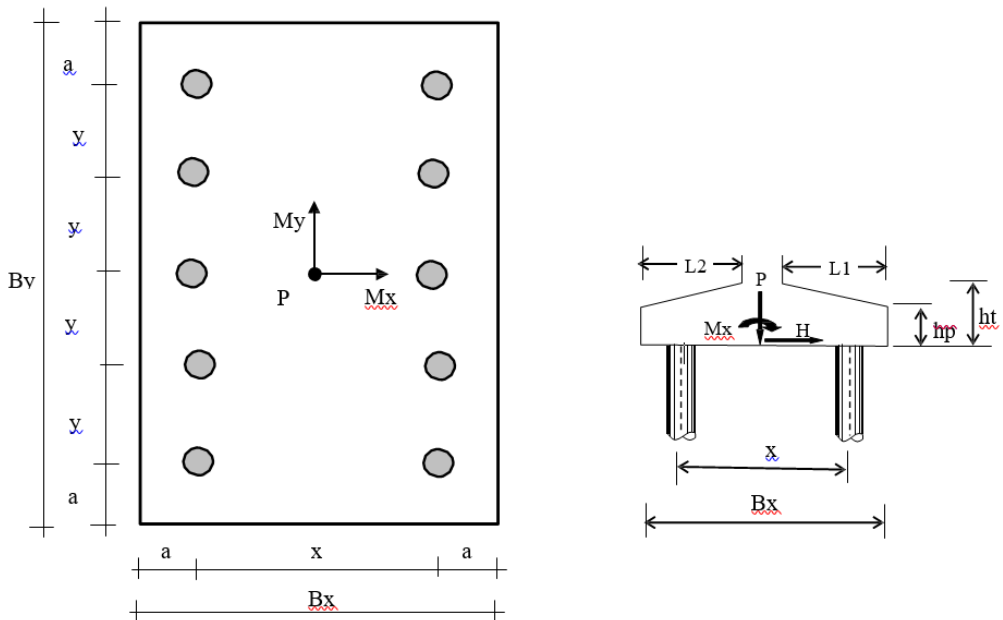
Jumlah momen terhadap titik S : $\sum M_s = 0$, maka $F * (2 * L_2) = H * (L_2 + L_d + L_a)$

$$\text{Gaya Lateral } H = F * (2 * L_2) / (L_2 + L_d + L_a) = 1632,96 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah baris tiang } n_y = 2,0 \text{ bh}$$

Jumlah tiang per baris	n_x	= 2,0	bh
Gaya lateral satu tiang bor	$h = H / (n_x * n_y)$	= 408,24	kN
Angka keamanan	SF	= 1,50	
Daya dukung ijin lateral tiang bor	$h_{ijin} = h / SF$	= 272,16	kN
Diambil daya dukung lateral ijin tiang bor	h_{ijin}	= 272	kN

Gaya yang diterima tiang bor



Gaya pada tiang bor

Jumlah Tiang Bor		$n =$	4	buah				
NO	$X_{maks} =$	0,90	m	$Y_{maks} =$	0,45			
1	$X_1 =$	0,90	$X_1^2 =$	3,24	$Y_1 =$	0,45	$Y_1^2 =$	0,81
2	$X_2 =$	-0,90	$X_2^2 =$	3,24	$Y_2 =$	-0,45	$Y_2^2 =$	0,81
3	$X_3 =$	tdk ada	$X_3^2 =$		$Y_3 =$	tdk ada	$Y_3^2 =$	
4	$X_4 =$	tdk ada	$X_4^2 =$		$Y_4 =$	tdk ada	$Y_4^2 =$	
5	$X_5 =$	tdk ada	$X_5^2 =$		$Y_5 =$	tdk ada	$Y_5^2 =$	
6					$Y_6 =$	tdk ada	$Y_6^2 =$	
7					$Y_7 =$	tdk ada	$Y_7^2 =$	
8					$Y_8 =$	tdk ada	$Y_8^2 =$	
9					$Y_9 =$	tdk ada	$Y_9^2 =$	
10					$Y_{10} =$	tdk ada	$Y_{10}^2 =$	
			$\Sigma X^2 =$	6,480			$\Sigma Y^2 =$	1,62

Tinjauan terhadap beban arah X

Gaya aksial maksimum dan minimum yang ditahan oleh satu tiang bor :

$$P_{\text{maks}} = P / n + M_x * X_{\text{maks}} / \sum X^2$$

$$P_{\text{min}} = P / n - M_x * X_{\text{maks}} / \sum X^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang ditahan oleh satu tiang bor :

No	Kombinasi Pembebanan	P (kN)	M _x (kNm)	P/n (kN)	M _x *X/∑X ² (kN)	P _{maks} (kN)	P _{min} (kN)
1	Kombinasi - 1	1040.000	258.000	260.000	0.000	260.000	260.000

Tinjauan terhadap beban arah Y

Gaya aksial maksimum dan minimum yang ditahan oleh satu tiang bor :

$$P_{\text{maks}} = P / n + M_y * Y_{\text{maks}} / \sum Y^2$$

$$P_{\text{min}} = P / n - M_y * Y_{\text{maks}} / \sum Y^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang ditahan oleh satu tiang bor :

No	Kombinasi Pembebanan	P (kN)	M _y (kNm)	P/n (kN)	M _y *Y/∑Y ² (kN)	P _{maks} (kN)	P _{min} (kN)
1	Kombinasi - 1	1040.000	258.000	260.000	71.667	331.667	188.333

Gaya lateral pada tiang bor

Gaya lateral yang ditahan satu tiang bor : $h = T / n$

No	Kombinasi Pembebanan	T _x (kN)	T _y (kN)	h _x (kN)	h _y (kN)	H _{maks} (kN)
1	Kombinasi - 1	21.000	20.000	5.250	5.000	5.250

Kontrol daya dukung ijin tiang bor

1. Daya dukung ijin aksial

Terhadap beban arah X

No	Kombinasi Pembebanan	Persen P _{ijin}	P _{maks} (kN)	Kontrol terhadap daya dukung ijin	P _{ijin} (kN)	Ket.
1	Kombinasi - 1	100%	260.000	< 100% P _{ijin} =	904	aman

Terhadap beban arah Y

No	Kombinasi Pembebanan	Persen P _{ijin}	P _{maks} (kN)	Kontrol terhadap daya dukung ijin	P _{ijin} (kN)	Ket.
1	Kombinasi - 1	100%	331.667	< 100% P _{ijin} =	904	aman

2. Daya dukung ijin lateral

No	Kombinasi Pembebanan	Persen P _{ijin}	H _{maks} (kN)	Kontrol terhadap daya dukung ijin	h _{ijin} (kN)	Ket.
1	Kombinasi - 1	100%	5.250	< 100% P _{ijin} =	272	aman

Perhitungan Pile Cap

Gaya aksial ultimit tiang bor

Tinjauan beban arah X

Gaya aksial yang ditahan oleh satu tiang bor

$$P_{u_{maks}} = P_u / n + M_{ux} * X_{maks} / \sum X^2$$

$$P_{u_{min}} = P_u / n - M_{ux} * X_{maks} / \sum X^2$$

No	Kombinasi Pembebanan	P _u (kN)	M _{ux} (kNm)	P _u /n (kN)	M _{ux} *X/∑X ² (kN)	P _{u maks} (kN)	P _{u min} (kN)
1	Kombinasi - 1	1040.000	258.000	260.000	0.000	260.000	260.000

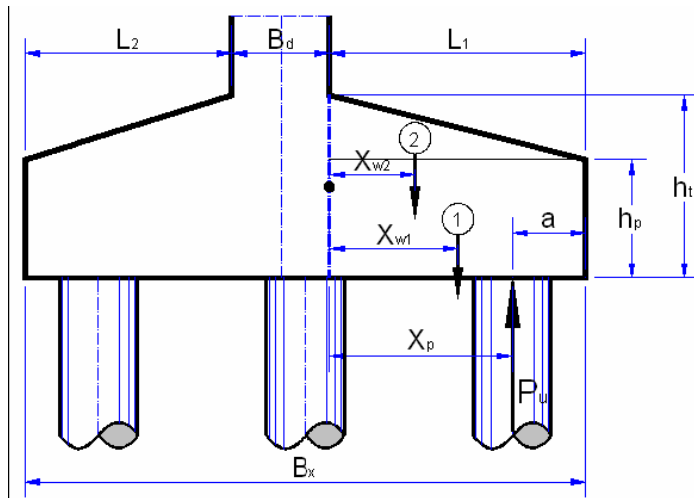
Tinjauan beban arah Y

Gaya aksial yang ditahan oleh satu tiang bor

$$P_{u_{maks}} = P_u / n + M_{uy} * Y_{maks} / \sum Y^2$$

$$P_{u_{min}} = P_u / n - M_{uy} * Y_{maks} / \sum Y^2$$

No	Kombinasi Pembebanan	P _u (kN)	M _{uy} (kNm)	P _u /n (kN)	M _{uy} *Y/∑Y ² (kN)	P _{u maks} (kN)	P _{u min} (kN)
1	Kombinasi - 1	1040.000	258.000	260.000	71.667	331.667	188.333



Gaya ultimit maksimum (rencana) tiang bor $P_{u_{maks}} = 331,67 \text{ kN}$

Momen dan gaya geser ultimit pile cap

Kode	Parameter berat bagian beton				Volume (m ³)	Berat (kN)	Lengan x_w (m)	Momen (kNm)
	b	h	panjang	shape				
W ₁	0.55	0.55	10.00	1.00	3.03	75.63	0.28	20.80
W ₂	0.55	0.30	10.00	0.50	0.83	20.63	0.18	3.78
$W_s =$						96.25	$M_s =$	24.58
Faktor bentuk ultimit							K =	1.30

Momen ultimit akibat berat pile cap	$M_{us} = K * M_s =$	31.95	kNm
Gaya geser ultimit akibat berat pile cap	$W_{us} = K * W_s =$	125.13	kN
Tebal breast wall	$B_d = B_x - L_1 - L_2 =$	0.45	M
Jumlah baris tiang pancang	$n_y =$	2	buah

Jarak tiang bor terhadap pusat X (m)		Lengan terhadap sisi luar X_p (m)		$M = n_y * P_{u_{maks}} * X_p$ (kNm)
$X_1 =$	0,90	$X_{p1} = X_1 - B_d/2 =$	0,68	447,750
$X_2 =$	-0,90	$X_{p2} = X_2 - B_d/2 =$	-1,90	-1260.333
$X_3 =$	tidak ada	$X_{p3} = X_3 - B_d/2 =$	tdk ada	tidak ada
$X_4 =$	tidak ada	$X_{p4} = X_4 - B_d/2 =$	tdk ada	tidak ada
$X_5 =$	tidak ada	$X_{p5} = X_5 - B_d/2 =$	tdk ada	tidak ada
Momen maksimum pada pile cap akibat reaksi tiang bor $M_p =$				-812,583 kNm

Momen ultimit rencana pile cap	Mur	$= M_p - M_{us} =$	- 844.583 kNm
Untuk lebar pile cap (B_y)			= 1.70 m
Momen ultimit rencana perimeter lebar	M_u	$= M_{ur} / B_y =$	- 496.785 kNm
Gaya geser rencana pile cap	V_{ur}	$= n_y * P_{u_{maks}} - W_s =$	567.083
Untuk lebar pile cap (B_y)			= 1.70 m
Gaya geser ultimit rencana perimeter lebar	$V_u = V_{ur} / B_y =$		333.578 kN

Tulangan lentur Pile Cap

Momen rencana ultimit	$M_u =$	-496.785	kNm
Mutu beton	K - 275	kuat tekan beton	$f_c' =$ 30 MPa
Mutu baja	U - 40	tegangan leleh baja	$f_y =$ 400 MPa
Tebal pile cap		$h = h_t =$	850 mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton		$d' =$	100 mm
Modulus elastisitas baja		$E_s =$	2.E+05 mm
Faktor bentuk distribusi tegangan beton		$b_1 =$	0.85
	$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) =$ 0.032513		
	$R_{maks} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] =$ 7.888345		
Faktor reduksi kekuatan lentur	$\Phi =$	0.86	
Faktor reduksi kekuatan geser	$\Phi =$	0.60	
Tebal efektif pile cap	$d = h - d' =$	750	mm
Lebar pile cap yang ditinjau	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana	$M_n = M_u / \Phi =$	-581.035	nKm
Faktor tahan momen	$R_n = M_n * 10 / (b * d) =$	-1,03295	

$R_n < R_{maks}$ (OK)

Rasio tulang yang dibutuhkan

$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] =$	-0.00253	MPa
Rasio tulangan minimum $\rho_{min} = 25 \% * (1,4/f_y) =$	0.00088	
Rasio tulangan yang digunakan $\rho =$	0.00088	
Luas tulangan yang diperlukan $A_s = \rho * b * d =$	656	
Diameter tulangan yang digunakan	D19	
Jarak antar tulangan yang digunakan $s = \pi/4 * D^2 * b / A_s =$	432.21	mm
Digunakan tulangan	2D19-200	
$A_s = \pi/4 * D * b / s =$	1418mm ²	OK!
Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 30 % x tulangan pokok		
$A_s = 30 \% * A_s =$	197	mm
Diameter tulangan yang digunakan	D19	
Jarak antar tulangan yang digunakan $s = \pi/4 * D^2 * b / A_s =$	1440.70	
Digunakan tulangan	D19 -150	
$A_s = \pi/4 * D * b / s =$	1891mm ²	OK!

Tulangan geser

Gaya geser ultimit $V_u = 333578 \text{ N}$

$V_c = 1/6 * (\sqrt{f_c'}) * b * d = 684653 \text{ N}$

$\Phi * V_c = 410792 \text{ N} > V_u$ (hanya perlu tulangan geser minimum)

$V_s = V_u = 333578 \text{ N}$

Luas tulangan yang diperlukan $A_s = \rho * b * d = 656 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang dipergunakan D - 13 diambil jarak arah Y = 200 mm

Luas tulangan geser $A_v = \pi / 4 * D * b / S_y = 663,93 \text{ mm}$

Jarak tulangan geser yang diperlukan (arah X)

$S_x = A_v * f_y * d / V_s = 597.10 \text{ mm}$

Jarak tulangan geser arah X digunakan = 200

Digunakan tulangan geser arah X = D13 – 200

arah Y = D13 – 200

Kontrol terhadap geser pons

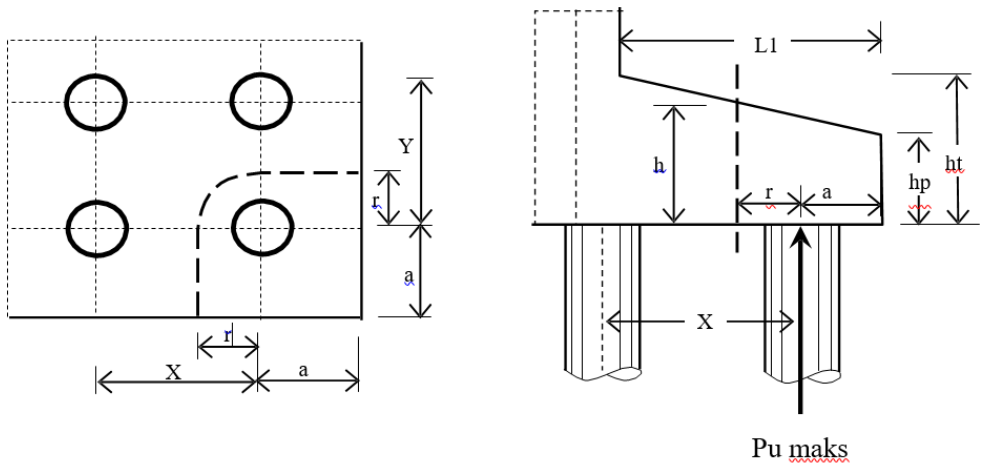
Kuat geser pons yang disyaratkan, $f_v = 0,3 * \sqrt{f_c'} = 1,643$

Faktor reduksi kekuatan geser $\Phi = 0,60$

Jarak antar tiang arah x $X = 0,9$

Jarak antar tiang arah y $Y = 0,9$

Jarak tiang bor terhadap tepi $a = 0,40$



$$\begin{aligned}
 r &= X / 2 = 0,45 & r &= Y / 2 = 0,45, \text{ maka diambil } & r &= 0,45 \text{ m} \\
 hp &= 0,55 & ht &= 0,85, & L1 &= 0,55 \text{ m} \\
 \text{Tebal bidang kritis geser pons } & h = hp + (r + a) / L1 * (ht - hp) & & & & = 1,014 \text{ m} \\
 & & & & & h &= 1014 \text{ mm} \\
 \text{Tebal efektif bidang kritis geser pons} & & & & & d = h - d' &= 914 \text{ mm} \\
 \text{Panjang total bidang kritis } & L_v = [2 * (r + a) + p / 2 * r] * 10 & & & & = 2407 \text{ mm} \\
 \text{Luas bidang kritis geser pons} & & & & & A_v = L_v * h &= 2.44.E+06 \\
 \text{Gaya geser ponds nominal} & & & & & P_n = A_v * f_v &= 4.01.E+06 \\
 \text{Kapasitas geser pons} & & & & & P_u = \Phi P_n &= 2405,6 \text{ kN} \\
 \text{Reaksi ultimit satu tiang bor} & & & & & P_{u \text{ maks}} &= 331,67 \text{ kN} \\
 & & & & & \text{Pu} &< \text{Pu maks (ok)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen

Perhitungan dengan rumus empiris :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum pada bore pile} & & & & & = 904 \text{ kN} \\
 \text{Kedalaman bore pile (Z)} & & & & & = 20000 \text{ mm} \\
 \text{Diameter bore pile} & & & & & = 400 \text{ mm} \\
 \text{Mutu beton} & & & & & = 30 \text{ MPa} \\
 \text{Modul elastisitas beton} & & & & & = 25742.96 \text{ MPa} \\
 \text{Inersia penampang tiang bor} & & & & & = 1.26E+09 \text{ mm}^4 \\
 \text{Untuk tanah berpasir maka nilai} & & & & & = 550 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$K = kl * Z / D = 27500 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 40 \sqrt{[D * K (4 * E_c * I_c)]} = 0,011665$$

Eksentrisitas	$e=0,322 / \lambda = 27,60283 \text{ mm}$
	$E = 0.027603 \text{ m}$
Momen maksimum pada tiang bor	$= 24.964 \text{ kNm}$

Pembesian Bore Pile

1. Tulangan Longitudinal Tekan Lentur

Gaya aksial maksimum pada tiang bor	$= 1131 \text{ kN}$
Momen maksimum pada tiang bor	$= 24,964 \text{ kNm}$
Faktor beban ultimit (K)	$= 1.5$
Gaya aksial ultimit = $K * P_{max}$	$= 1695.75 \text{ kN}$
Momen ultimit = $K * M_{max}$	$= 37.446 \text{ kNm}$
Luas penampang bore pile	$= 125600 \text{ mm}^2$
	$\varphi * P_n / (f_c * A_g) = 0.107494$
	$\varphi * M_n / (f_c * A_g * D) = 2.48E-08$
Diperoleh rasio tulangan	$= 1.50\%$
Diameter besi tulangan yang digunakan	$A_s = \rho \times A_g$
	$= 1884 \text{ mm}^2$
Diameter besi tulangan yang digunakan	$= 16$
A_{s1}	$= 2009.6 \text{ mm}^2$
Jumlah yang diperlukan	$= 10 \text{ bh}$
Digunakan tulangan	$= 10 \text{ D16}$

2. Tulangan Geser

Perhitungan geser bor pile didasarkan atas momen dan gaya aksial untuk kombinasi beban yang menentukan dalam perhitungan tulangan aksial tekan dan lentur.

Panjang bore pile	$= 20000 \text{ mm}$
Diameter bore pile	$= 400 \text{ mm}$
Luas tulangan longitudinal bore pile	$= 2009.6 \text{ mm}^2$
Kuat tekan beton	$= 30.00 \text{ MPa}$
Tegangan leleh baja	$= 400 \text{ MPa}$
Gaya aksial ultimit	$= 1695750 \text{ N}$
Momen ultimit	$= 37446 \text{ Nmm}$
Gaya lateral ijin	$= 340199.9 \text{ N}$
Faktor reduksi kekuatan geser	$= 0.6$
Gaya geser ultimit akibat momen	$= 1,8723 \text{ N}$
Gaya geser ultimit akibat gaya lateral	$= 510299,9 \text{ N}$

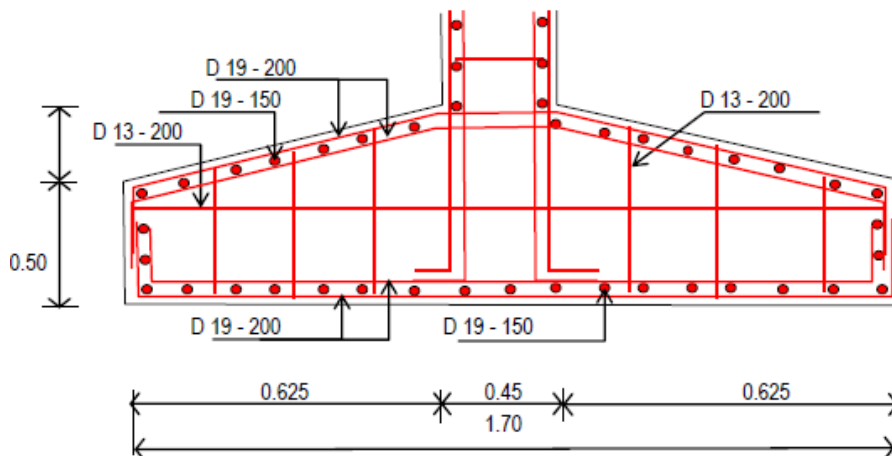
Diambil, gaya geser ultimit rencana	= 510299,9 N
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton	= 30
Luas penampang tiang bor	= 125600 mm ²
Tebal ekivalen penampang	= 354.4009 mm
Lebar ekivalen penampang	= 354.4009 mm
Tebal efektif	= 324.4009 mm
V _c	= 206162,5 N
V _s	= 850499,8 N

Untuk tulangan geser digunakan sengkang berpenampang : Ø 8

$$\text{Luas tulangan geser} = A_{sv} = n * \pi / 4 * \text{Ø}^2 = 200.96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan yang diperlukan} = S = A_{sv} * f_y * d / V_s = 30,66038 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang = 4 Ø8 – 30



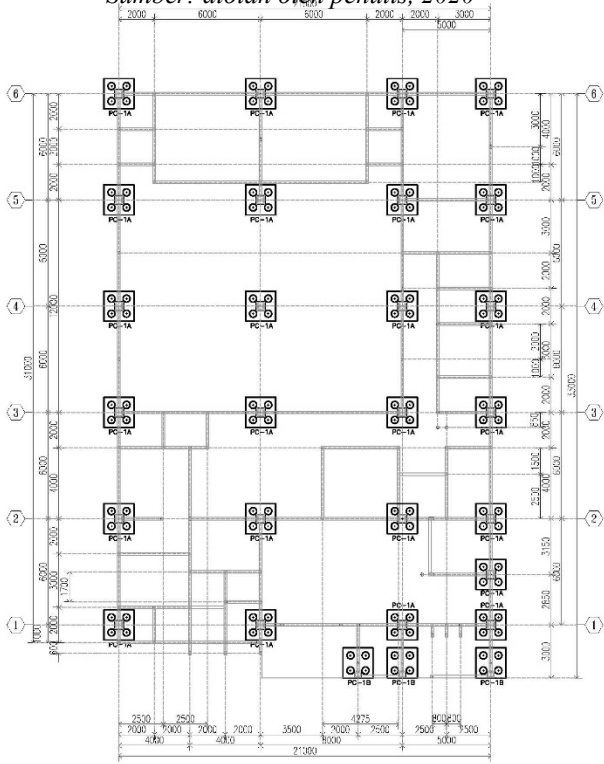
Gambar 4.18. Penulangan Pile Cap

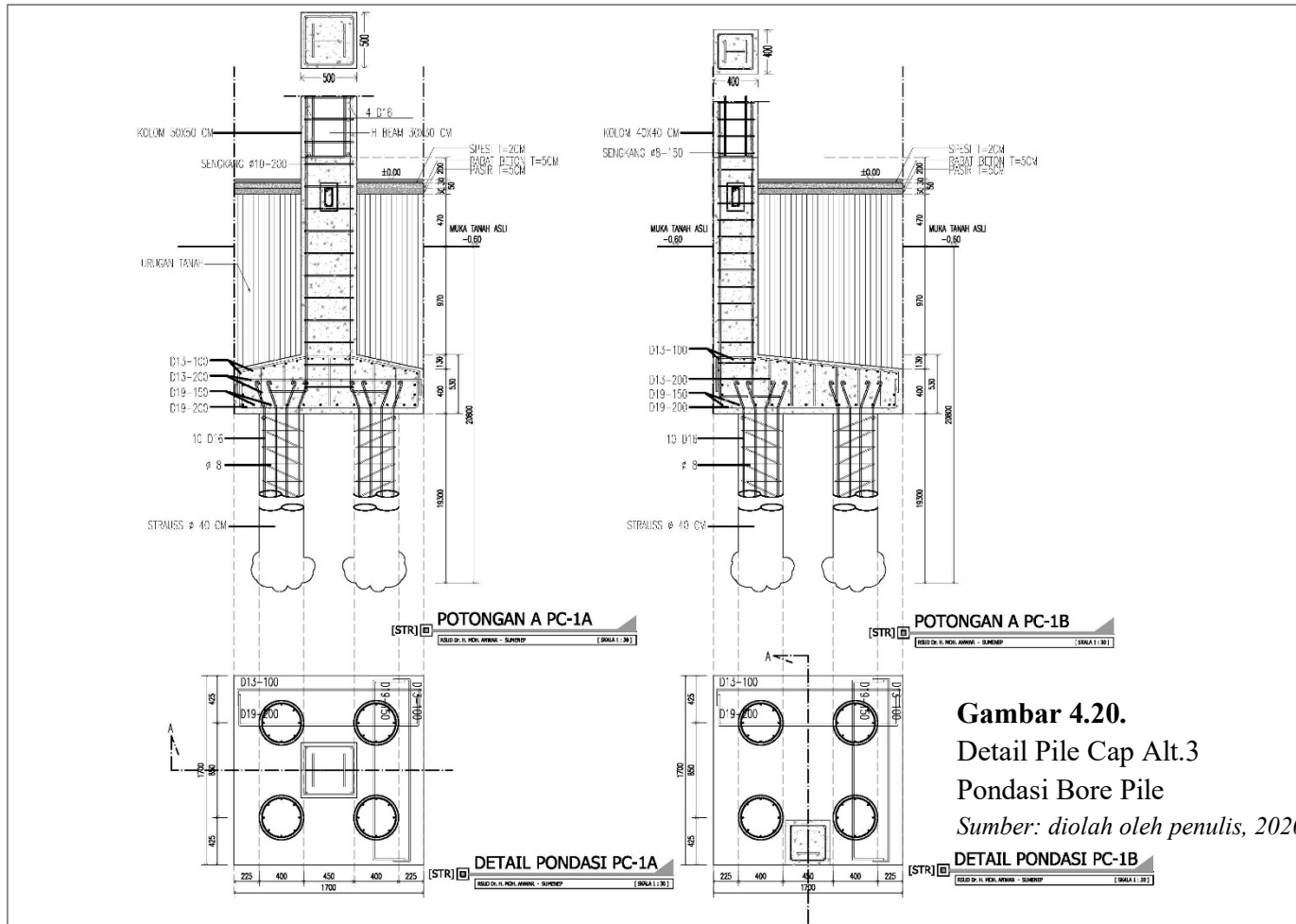
Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Gambar desain alternatif pondasi menggunakan jenis pondasi bore pile Ø 40 cm, berikut detail gambar detail pile cap, penempatan dan pembesannya disajikan berikut ini :

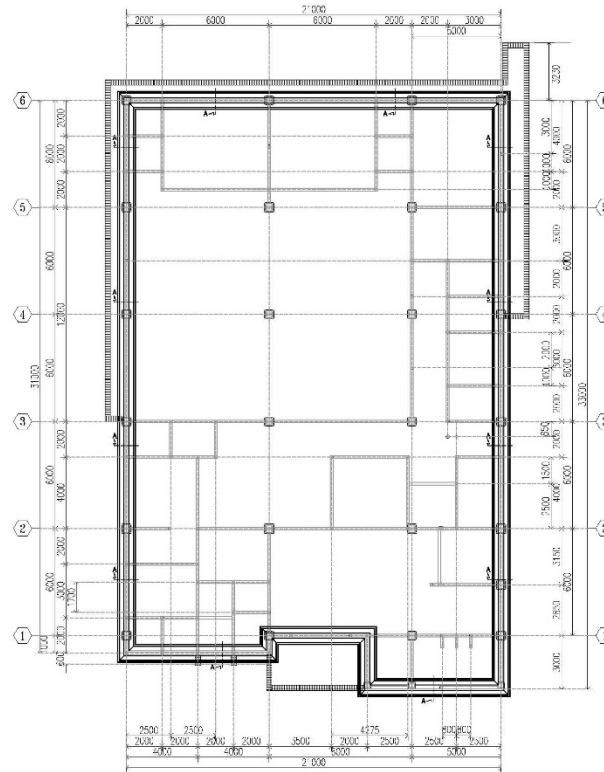
Gambar 4.19. Denah Pile Cap Alt.3 Pondasi Bore Pile

Sumber: diolah oleh penulis, 2020





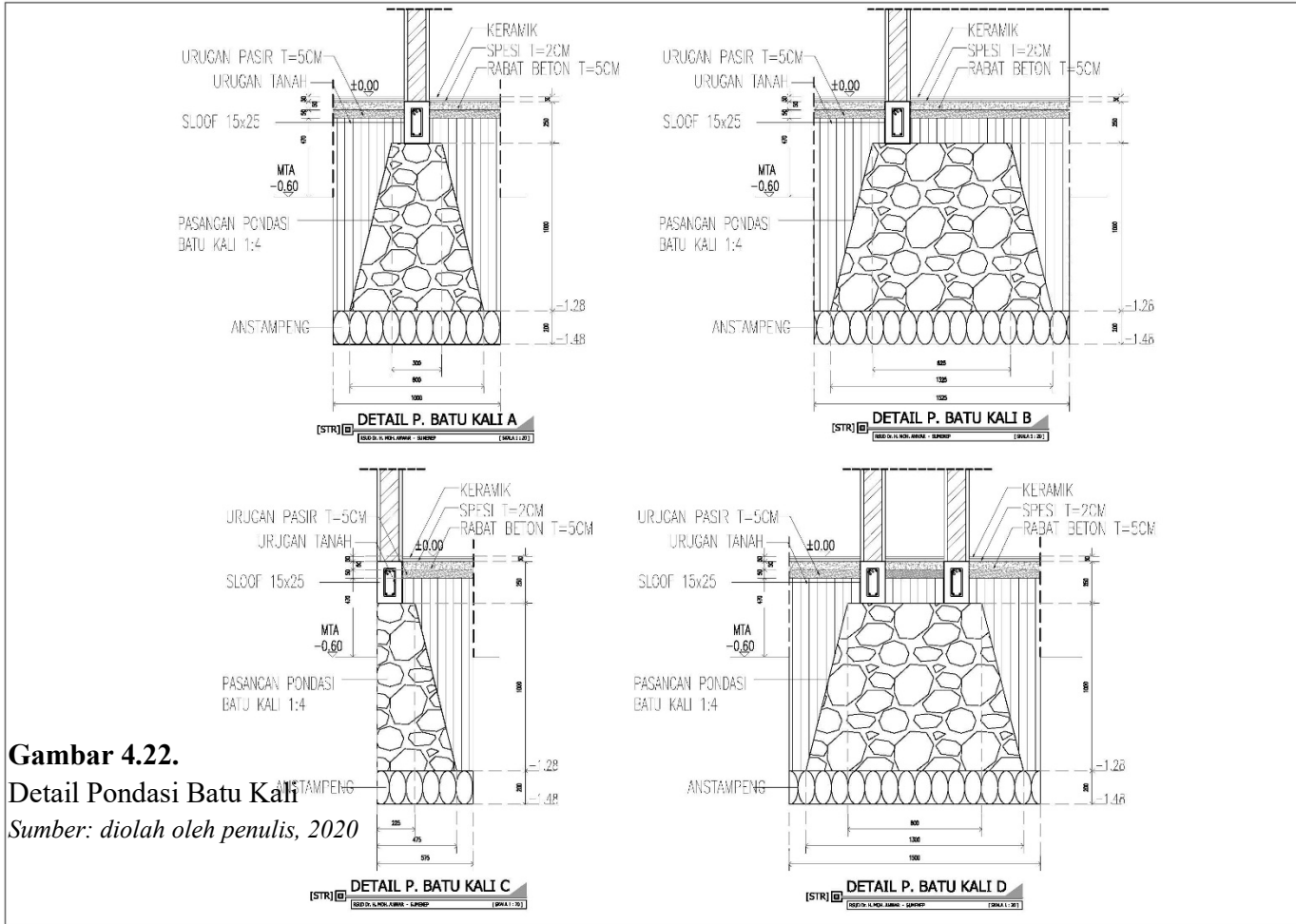
Gambar 4.20.
 Detail Pile Cap Alt.3
 Pondasi Bore Pile
 Sumber: diolah oleh penulis, 2020



Gambar 4.21.

RENCANA PONDASI BATU KALI & PONDASI ROLAG

[STR] [K] [NO. 100 - 1000] [SKALA 1:100]



Gambar 4.22.

Detail Pondasi Batu Kali

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

4.2.5.3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Dari hasil perhitungan struktur untuk masing-masing alternatif jenis pondasi yang dilakukan perhitungan, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan besar biaya yang dibutuhkan untuk masing jenis alternatif pondasi tersebut dalam pelaksanaannya dalam bentuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) masing-masing alternatif.

Sebagai asumsi perhitungan Rencana Anggaran Biaya, dipergunakan harga kontrak (awal) tanpa adanya eskalasi harga hingga disusunnya penelitian ini. Perhitungan biaya menggunakan harga satuan bahan dan upah tenaga kerja maupun alat dengan menggunakan asumsi berdasarkan Peraturan Bupati Kabupaten Sumenep pada Tahun Anggaran kontrak berjalan tentang Standar Harga Barang dan Jasa pada Pemerintah Kabupaten Sumenep.

Sedangkan untuk material pabrikasi berupa tiang pancang berikut sewa peralatan maupun lain-lainnya, apabila pada harga satuan tersebut tidak ada, maka digunakan harga survey terakhir yang dikonversikan sesuai aturan yang berlaku.

Untuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan pondasi eksisting/sesuai dengan kontrak awal langsung diambil dan dibreakdown langsung dari dokumen hasil perencanaan milik konsultan perencana, sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.14.
Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Pondasi (Rencana)
Jenis Pondasi Rakit

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	SAT	VOLUME	HARGA SAT. (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6
1	Galian tanah biasa	m ³	1.442,11	77.107,50	111.197.496,83
2	Urug kembali galian	m ³	432,63	45.425,00	19.652.354,03
3	Membuat lantai kerja beton tumbuk 1 PC : 3 PB : 5 KR; tebal 5 cm (Bawah Plat Pondasi)	m ²	710,98	134.424,19	95.572.910,61
4	Beton Rib Settlement (RS) t = 15 cm	m ³	53,79	5.014.203,60	269.714.011,41
5	Beton Rib Konstruksi (RK) t = 15 cm	m ³	102,63	5.014.203,60	514.600.569,78
6	Beton Plat Pondasi Konstruksi t = 17 cm	m ³	120,87	4.247.533,10	513.384.883,66
7	Memasang Bekisting untuk Pondasi	m ²	2.090,96	186.041,25	389.004.998,14
Jumlah Total Biaya Konstruksi Fisik (BKF)					1.913.127.224,44

Sumber: Engineering Estimate/EE Perencanaan

Untuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) jenis pondasi lainnya, secara berturut-turut ditampilkan dalam tabel-tabel berikut ini :

Tabel 4.15. Rencana Anggaran Biaya Pek. Pondasi
(Alternatif 1 ; Pondasi Tiang Pancang Spun Pile Ø 40 cm)

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	SAT	VOLUME	HARGA SAT. (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6
1	Galian tanah biasa	m ³	227,04	77.107,50	17.506.486,80
2	Urug kembali galian	m ³	68,11	45.425,00	3.093.987,60
3	Membuat lantai kerja beton tumbuk 1 PC : 3 PB : 5 KR; tebal 5 cm (bawah pilecap)	m ³	9,16	916.809,33	8.397.973,42
4	Beton Pile Cap Type PC 1 uk. 330 x 200 cm t = 50 cm				
	- Pembesian (besi beton ulir)	kg	17.649,11	18.662,20	329.371.257,97
	- Beton mutu f _c =31,2 Mpa (K 350); slump (12 ± 2) cm; w/c = 0,48	m ³	85,80	1.325.866,53	113.759.348,59
5	Beton Pile Cap Type PC 2 uk. 580 x 200 cm t = 50 cm				
	- Pembesian (besi beton ulir)	kg	1.163,17	18.662,20	21.707.273,85
	- Beton mutu f _c =31,2 Mpa (K 350); slump (12 ± 2) cm; w/c = 0,48	m ³	5,80	1.325.866,53	7.690.025,90
6	Mobilisasi dan demobilisasi tiang pancang serta peralatan Injection Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) 240 T	ls	1,00	85.000.000,00	85.000.000,00
7	Tiang pancang Spunpile dim. 40 cm (10 M Bottom.10 M Upper), PC Wire 4-9 mm, Plat Joint 8 mm, K-500 Class-A	m'	3.320,00	265.000,00	879.800.000,00
8	Jasa pancang + handling	m'	3.320,00	80.000,00	265.600.000,00
9	Las Joint / sambungan pancang	joint	166,00	30.000,00	4.980.000,00
10	Tes PDA (Pile Drive Analyze)	ttk	3,00	3.500.000,00	10.500.000,00
11	Memasang Bekisting untuk Pondasi	m ²	101,60	186.041,25	18.901.791,00
12	Pasangan batu kosong (aanstamping)	m ³	21,92	342.595,35	7.509.690,07
13	Pasangan pondasi gunung; campuran 1 PC : 8 PP	m ³	71,24	639.950,28	45.590.057,59
Jumlah Total Biaya Konstruksi Fisik (BKF)					1.819.407.892,79

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Tabel 4.16. Rencana Anggaran Biaya Pek. Pondasi
(Alternatif 2 ; Pondasi Tiang Pancang Square Pile uk. 35x35 cm)

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	SAT	VOLUME	HARGA SAT. (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6
1	Galian tanah biasa	m ³	227,04	77.107,50	17.506.486,80
2	Urug kembali galian	m ³	68,11	45.425,00	3.093.987,60
3	Membuat lantai kerja beton tumbuk 1 PC : 3 PB : 5 KR; tebal 5 cm (bawah pilecap)	m ³	9,16	916.809,33	8.397.973,42
4	Beton Pile Cap Type PC 1 uk. 330 x 200 cm t = 50 cm				
	- Pembesian (besi beton ulir)	kg	16.582,28	18.662,20	309.461.825,82
	- Beton mutu f _c =31,2 Mpa (K 350); slump (12 ± 2) cm; w/c = 0,48	m ³	68,64	1.325.866,53	91.007.478,88
5	Beton Pile Cap Type PC 2 uk. 580 x 200 cm t = 50 cm				
	- Pembesian (besi beton ulir)	kg	1.163,17	18.662,20	21.707.273,85
	- Beton mutu f _c =31,2 Mpa (K 350); slump (12 ± 2) cm; w/c = 0,48	m ³	5,80	1.325.866,53	7.690.025,90
6	Mobilisasi dan demobilisasi tiang pancang serta peralatan Injection Hydraulic Static Pile Driver	ls	1,00	35.000.000,00	35.000.000,00
7	Tiang pancang Square Piles uk. 35x35 cm (10 M Bottom.10 M Upper), PC Wire 4-9 mm, Plat Joint 8 mm, K-500 Class-A	m ¹	3.320,00	245.000,00	813.400.000,00
8	Jasa pancang + handling	m ¹	3.320,00	50.000,00	166.000.000,00
9	Las Joint / sambungan pancang	joint	166,00	30.000,00	4.980.000,00
10	Tes PDA (Pile Drive Analyze)	ttk	3,00	3.500.000,00	10.500.000,00
11	Memasang Bekisting untuk Pondasi	m ²	101,60	186.041,25	18.901.791,00
12	Pasangan batu kosong (aanstamping)	m ³	21,92	342.595,35	7.509.690,07
13	Pasangan pondasi gunung; campuran 1 PC : 8 PP	m ³	71,24	639.950,28	45.590.057,59
Jumlah Total Biaya Konstruksi Fisik (BKF)					1.560.746.590,92

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Tabel 4.17. Rencana Anggaran Biaya Pek. Pondasi
(Alternatif 3 ; Pondasi Borepile Ø 40 cm)

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	SAT	VOLUME	HARGA SAT. (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6
1	Galian tanah biasa	m ³	124,76	77.107,50	9.619.931,70
2	Urug kembali galian	m ³	37,43	45.425,00	1.700.166,90
3	Membuat lantai kerja beton tumbuk 1 PC : 3 PB : 5 KR; tebal 5 cm (bawah pilecap)	m ³	4,05	916.809,33	3.709.410,53
4	Beton Pile Cap Type PC 1 uk. 170x170 cm t = 50 cm				
	- Pembesian (besi beton ulir)	kg	8.087,45	18.662,20	150.929.609,39
	- Beton mutu f _c =31,2 Mpa (K 350); slump (12 ± 2) cm; w/c = 0,48	m ³	51,45	1.325.866,53	68.215.833,16
5	Pengeboran pondasi borepile dia. 40 cm dalam 20 m	m ^l	2.240,00	120.000,00	268.800.000,00
6	Beton Borepile diameter 40 cm				
	- Pembesian (besi beton ulir)	kg	35.466,67	18.662,20	661.886.026,67
	- Pembesian (besi beton polos)	kg	5.556,54	16.612,33	92.307.114,80
	- Beton mutu f _c =31,2 Mpa (K 350); slump (12 ± 2) cm; w/c = 0,48	m ³	281,34	1.325.866,53	373.024.594,07
7	Memasang Bekisting untuk Pondasi	m ²	95,20	186.041,25	17.711.127,00
8	Pasangan batu kosong (aanstamping)	m ³	21,92	342.595,35	7.509.690,07
9	Pasangan pondasi gunung; campuran 1 PC : 8 PP	m ³	71,24	639.950,28	45.590.057,59
Jumlah Total Biaya Konstruksi Fisik (BKF)					1.701.003.561,88

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk pekerjaan pondasi eksisting maupun alternatif-alternatifnya, maka untuk nilai pekerjaan pondasi masing-masing dapat dibandingkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.18.
Tabel Perbandingan Biaya Pondasi

No.	Pondasi Rencana (Pondasi Rakit)	Alt. 1 Spun Pile Ø 40 cm	Alt. 2 Square Pile Uk. 35x35 cm	Alt. 3 Bore Pile Ø 40 cm
1	1.913.127.224,44	1.819.407.892,79	1.560.746.590,92	1.701.003.561,88

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari perbandingan tersebut, maka didapatkan bahwa biaya pelaksanaan pekerjaan untuk pondasi pancang penampang kotak dengan dimensi ukuran 35 x 35 cm lebih murah apabila dibandingkan dua alternatif lainnya.

Perbandingan biaya desain eksisting dan alternatif pondasi tersebut kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik penghematan berikut ini :

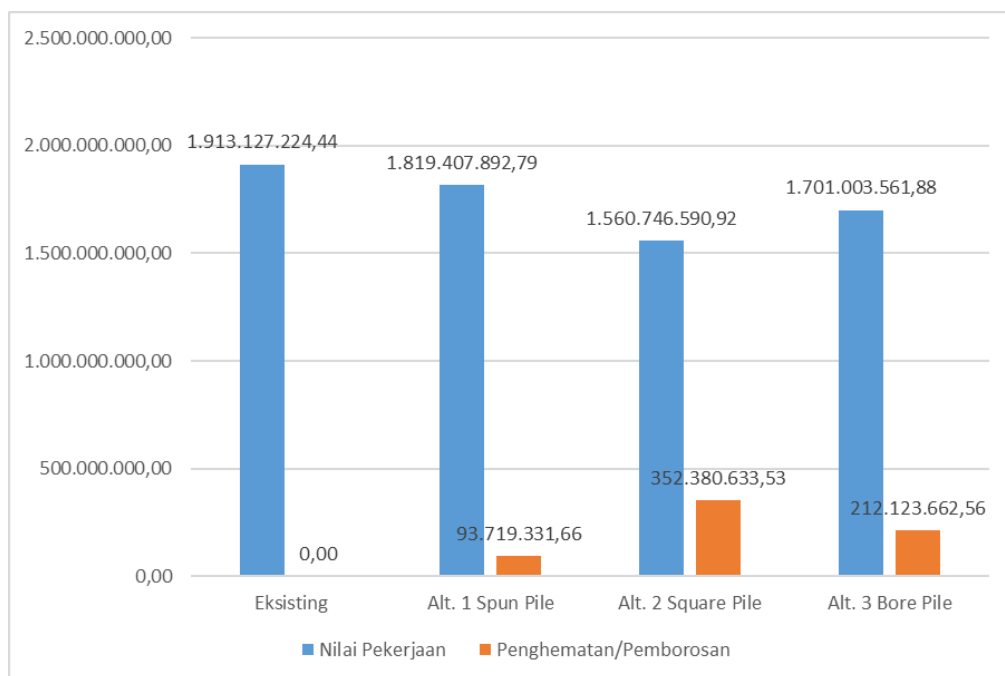


Diagram 4.6. Diagram Perbandingan Biaya Pondasi

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Grafik tersebut menggambarkan bahwa chart berwarna biru merupakan diagram batang yang menunjukkan nilai pekerjaan pondasi, sedangkan chart berwarna oranye menunjukkan adanya potensi penghematan atau pemborosan biaya pekerjaan. Nilai penghematan ditunjukkan oleh batang/chart yang posisinya berada di atas sumbu x, dan nilai pemborosan ditunjukkan oleh batang/chart yang berada di bawah sumbu x. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa alternatif-alternatif ide pondasi yang dilakukan analisis, kesemuanya memiliki potensi penghematan biaya pelaksanaan pekerjaan dengan besar penghematan yang variatif. Dan penggunaan alternatif pondasi pancang penampang kotak (square pile) memiliki nilai biaya penghematan terbesar.

Untuk lebih meyakinkan atas nilai penghematan yang dicapai, maka dilakukan kembali analisis fungsi pekerjaan pondasi sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.19. Analisis Fungsi Atas 3 Alternatif

No	Uraian	Function			Cost	Worth Alt. 1	Worth Alt. 2	Worth Alt. 3	Ket.
		Verb	Noun	Kind					
1	Pondasi	Menahan	Tekan	P	1.913.127.224,44	1.819.407.892,79	1.560.746.590,92	1.701.003.561,88	VE

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Keterangan :

- Untuk kolom cost nilainya didapat dari pembiayaan pekerjaan eksisting. Sedangkan untuk kolom worth 1 nilainya didapat dari biaya pekerjaan alternatif 1, sedangkan kolom worth 2 nilainya didapat dari pekerjaan alternatif 2, dan seterusnya. Perhitungan cost/worth pada analisis fungsi alternatif pondasi adalah sebagai berikut :
 Nilai C/W 1 = Rp. 1.913.127.224,44/ Rp. 1.819.407.892,79 = 1,05
 Nilai C/W 2 = Rp. 1.913.127.224,44/ Rp. 1.560.746.590,92 = 1,23
 Nilai C/W 3 = Rp. 1.913.127.224,44/ Rp. 1.701.003.561,88 = 1,12
- Nilai cost/worth yang bernilai lebih dari 1 diatas berarti menunjukkan adanya **penghematan**, sedangkan apabila yang bernilai kurang dari 1 menunjukkan bahwa biaya alternatif lebih besar dari biaya eksisting.

4.2.5.4. Analisis Waktu Pelaksanaan

Secara umum setiap proyek pasti membutuhkan suatu penjadwalan atau skedul dalam tahapan fase perencanaan. Penjadwalan atau skedul konstruksi merupakan suatu cara untuk menentukan dan menetapkan waktu pelaksanaan item pekerjaan serta alokasi sumber daya yang akan digunakan, berupa “manpower, material, and equipment” atau “tenaga manusia, material dan peralatan” selama proses konstruksi tersebut.

Untuk pekerjaan pondasi pada proyek Pembangunan OK Sentral RSUD Dr. H. Moh Anwar Kabupaten Sumenep ini, maka rencana pelaksanaannya dituangkan dalam jadwal pelaksanaan sebagai berikut :

Tabel 4.20. Tabel Rencana Waktu Pelaksanaan

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	BOBOT	WAKTU PELAKSANAAN																																	%		
			M1							M2							M3							M4							M5							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	Galian tanah biasa	5,81	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100	
2	Urug kembali galian	1,03																																		80,0		
3	Lantai kerja t=5 cm (Bawah Plat)	5,00																																		60,0		
4	Beton Rib Settlement (RS) t = 15 cm	14,10																																		40,0		
5	Beton Rib Konstruksi (RK) t = 15 cm	26,90																																		20,0		
6	Beton Plat Pondasi Konstruksi t = 17 cm	20,33																																		-		
		100,00	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
		0,00																																				
									11,76																													
																																					37,3	
																																					69,9	
																																					88,7	
																																					100,0	

Sumber: data perencanaan

Rencana waktu pelaksanaan sebagaimana diperlihatkan dalam tabel di atas diambil dan dipilah dari jadwal waktu pelaksanaan pembangunan secara keseluruhan yang sebelumnya telah dibuat oleh perencana. Dimana kemudian untuk pekerjaan pondasi dianalisis secara terpisah yang kemudian dituangkan dalam tabel 4.16.

Pembagian bobot dan waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi ini perlu dilakukan terpisah, mengingat dari jadwal perencana, kegiatan pekerjaan pondasi terjadwal secara global dilaksanakan secara keseluruhan dalam waktu waktu 35 hari.

Setelah data waktu rencana pelaksanaan pekerjaan pondasi didapatkan, selanjutnya akan diuraikan mengenai tahapan waktu untuk ide alternatif-alternatif desain yang lain, sebagai berikut :

1. Pondasi Spun Pile

Adapun jadwal pelaksanaan untuk pekerjaan mobilisasi tiang pancang/spun pile diuraikan sebagai berikut :

- a. Secara teknis, mobilisasi dan perakitan alat pancang memerlukan waktu 3 hari. Dengan asumsi, bahwa alat didatangkan dari Surabaya. Perjalanan dari Surabaya menuju Sumenep, dengan memperhitungkan kondisi kendaraan membawa beban berat, kondisi jalan di Pulau Madura serta keramaian sepanjang jalan, sampai dengan titik-titik kemacetan akibat pasar tumpah, maka diperkirakan perjalanan untuk mobilisasi peralatan akan ditempuh selama 12 jam. Sedangkan waktu setting out di site, perakitan dan trial unit mesin dikerjakan dalam jangka waktu 2 hari sampai dengan siap beroperasi.
- b. Pengadaan spun pile dalam pelaksanaannya nantinya akan dipenuhi secara bertahap. Hal ini disebabkan karena di lokasi juga tidak memiliki lahan untuk stocking material. Untuk pekerjaan ini, kebutuhan spunpile adalah

3.320 m' atau sama dengan 332 batang. Dalam satu kali pengiriman, dalam satu truck crane mampu mengangkat sekitar 15 batang. Jadi untuk jumlah kebutuhan 332 batang dibutuhkan 22 kali pengangkutan. Dalam satu kali pengiriman diasumsikan dipakai 4 truck crane jadi dibutuhkan 6 kali pengiriman.

- c. Karena keterbatasan pergerakan di site, (untuk sementara tanpa memperhitungkan kondisi bahwa alat kesulitan masuk ke lokasi karena tidak adanya akses dan mepetnya bangunan di site), maka asumsi alat yang dipergunakan adalah 1 unit saja, dimana pelaksanaan bisa langsung dilakukan pada hari ke-3 atau 4 sampai dengan selesai. Analisis kebutuhan waktu untuk pelaksanaan pemancangan pondasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.21. Analisis Waktu Pelaksanaan
Alt. 1 Pondasi Spun Pile

No	Kegiatan	Durasi	Satuan
1	Menggeser alat pancang	5	menit
2	Menarik dan mendirikan mini pile	2	menit
3	Pemancangan mini pile pertama	15	menit
4	Menarik dan mendirikan mini pile kedua	2	menit
5	Mengelas sambungan mini pile	1	menit
6	Pemancangan mini pile kedua	20	menit
7	Memotong kepala pancang	10	menit
8	Jumlah waktu satu titik	55	menit
	Dalam satu hari 7 jam x 60	420	menit
	Dalam satu hari satu mesin	7-8	titik
	Jumlah titik pondasi	166	titik
	Dibutuhkan waktu	21-23	hari

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Untuk pemilihan penggunaan alternatif 1 ini menimbulkan konsekuensi, adanya pekerjaan tambahan pada item pekerjaan pondasi, yaitu pasangan pondasi batu gunung yang harus dipasang keliling sebagai penahan tanah urugan, yang dianggap penulis sebagai satu kesatuan fungsi dengan pilihan alternatif pemilihan pondasi. Pada pekerjaan tambahan ini, telah dilakukan perhitungan volume atas pekerjaan pasangan pondasi batu gunung yaitu 71,24 m³. Dari referensi penelitian yang dilakukan oleh Soeparlan (2019), maka didapatkan angka produktifitas pekerjaan pondasi adalah 1,49 m³/tukang batu dalam satu jam bekerja dan 1,67 m³/pembantu tukang dalam satu jam bekerja.

Apabila dikorelasikan dengan analisa yang dipergunakan dalam perencanaan pembangunan gedung OK Sentral ini maka didapatkan perhitungan sebagai berikut :

Untuk 0,67/OH tukang dan 0,6/OH pembantu tukang produktifitas yang dihasilkan adalah = 1 m³

Sesuai analisa :

Tukang : 0,75/OH
Produktifitas = 1,12 m³/H

Pembantu tukang : 1,50/OH
Produktifitas = 2,5 m³/H

Maka rata-rata dalam 1 jam produktifitasnya adalah = 1,81 m³

Dalam 7 jam bekerja = 12,67 m³

Untuk volume alternatif dibutuhkan waktu = 5-6 hari

Overlap pekerjaan = 2 hari

Total waktu pekerjaan pondasi batu gunung = 3-4 hari

Overlap dihitung berdasarkan pekerjaan yang berkaitan yang bisa dilaksanakan secara bersamaan.Maka untuk pekerjaan pasangan pondasi dengan menggunakan spunpile dibutuhkan waktu pelaksanaan paling lama 30 hari.

Tabel 4.22. Grafik Analisis Waktu Pelaksanaan
Alt. 1 Pondasi Spun Pile

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	BOBOT	WAKTU PELAKSANAAN																																			%
			M1					M2					M3					M4					M5															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	Galian tanah biasa	0,96						0,32	0,32	0,32																												
2	Urug kembali galian	0,17																																				
3	Lantai kerja t=5 cm (Bawah Pile Cap)	0,46																																				
4	Beton Type PC 1 uk. 330x200 t = 50 cm	24,36																																				
5	Beton Type PC 2 uk. 580x200 t = 40 cm	1,62																																				
6	Mobilisasi Pancang dan Peralatan	4,67	0,15	0,15	0,15																																	
7	Tiang Pancang Spunpiles dia. 40 cm	48,36																																				
8	Jasa pancang + handling	14,60	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24		
9	Las Joint / sambungan pancang	0,27	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09		
10	Tes PDA (Pile Drive Analyze)	0,58																																				
11	Memasang Bekisting untuk Pondasi	1,04																																				
12	Pasangan batu kosong (aanstamping)	0,41																																				
13	Psg. pondasi gunung; campuran 1 PC : 8 P	2,51																																				
		100,00	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05	16,05		
		0,00	16,05	32,10	48,15	64,20	80,25	96,30	112,35	128,40	144,45	160,50	176,55	192,60	208,65	224,70	240,75	256,80	272,85	288,90	304,95	321,00	337,05	353,10	369,15	385,20	401,25	417,30	433,35	449,40	465,45	481,50	497,55	513,60	529,65			

Sumber: diolah oleh penulis,2020

2. Pondasi Square Pile

Jadwal pelaksanaan untuk pekerjaan mobilisasi tiang pancang kotak/square pile diuraikan sebagai berikut :

- a. Hampir sama dengan metode pelaksanaan untuk pondasi spun pile, mobilisasi dan perakitan alat pancang memerlukan waktu 3 hari dengan perkiraan waktu tempuh selama 12 jam. Waktu setting out di site, perakitan dan trial unit mesin dikerjakan dalam jangka waktu 2 hari sampai dengan siap beroperasi.
- b. Pengadaan square pile juga akan dipenuhi secara bertahap, karena keterbatasan lahan untuk stocking material. Untuk pekerjaan ini, kebutuhan square pile adalah 3.320 m' atau sama dengan 332 batang. Dalam satu kali pengiriman, dalam satu truck crane mampu mengangkat sekitar 10 batang. Jadi untuk jumlah kebutuhan 332 batang dibutuhkan 34 kali pengangkutan. Dalam satu kali pengiriman diasumsikan dipakai 4 truck crane jadi dibutuhkan 9 kali pengiriman.
- c. Alat yang dipergunakan juga 1 unit saja, dimana pelaksanaan bisa langsung dilakukan pada hari ke-3 atau 4 sampai dengan selesai. Analisis kebutuhan waktu untuk pelaksanaan pemancangan pondasi penampang kotak adalah sebagai berikut :

Tabel 4.23. Analisis Waktu Pelaksanaan
Alt. 2 Pondasi Square Pile

No	Kegiatan	Durasi	Satuan
1	Menggeser alat pancang	5	menit
2	Menarik dan mendirikan mini pile	2	menit
3	Pemancangan mini pile pertama	15	menit
4	Menarik dan mendirikan mini pile kedua	2	menit
5	Mengelas sambungan mini pile	1	menit
6	Pemancangan mini pile kedua	20	menit
7	Memotong kepala pancang	10	menit
8	Jumlah waktu satu titik	55	menit
	Dalam satu hari 7 jam x 60	420	menit
	Dalam satu hari satu mesin	7-8	titik
	Jumlah titik pondasi	166	titik
	Dibutuhkan waktu	22-23	hari

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Sama dengan alternatif 1, maka pada alternatif 2 ini juga menimbulkan konsekuensi pekerjaan tambahan berupa pekerjaan pemasangan pondasi batu gunung. Dengan volume yang sama, maka disimpulkan bahwa pekerjaan tambahan ini membutuhkan waktu 3-4 hari pula.

Sehingga untuk pekerjaan pemasangan pondasi dengan menggunakan pondasi tiang penampang kotak ukuran 35x35 cm, dibutuhkan waktu pelaksanaan paling lama 30 hari.

Tabel 4.24. Grafik Analisis Waktu Pelaksanaan
Alt. 2 Pondasi Square Pile

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	BOBOT	WAKTU PELAKSANAAN																																			%
			M1							M2							M3							M4							M5							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	Galian tanah biasa	1,12					0,5	0,5																														
2	Urug kembali galian	0,20																																				
3	Lantai kerja t=5 cm (Bawah Pile Cap)	0,54																																				
4	Beton Type PC 1 uk. 330x200 t = 50 cm	25,66																																				
5	Beton Type PC 2 uk. 580x200 t = 40 cm	1,88																																				
6	Mobilisasi Pancang dan Peralatan	2,24	0,2	0,2																																		
7	Tiang Pancang Squarepile uk.35x35 cm	52,12																																				
8	Jasa pancang + handling	10,64																																				
9	Las Joint / sambungan pancang	0,32																																				
10	Tes PDA (Pile Drive Analyze)	0,67																																				
11	Memasang Bekisting untuk Pondasi	1,21																																				
12	Pasangan batu kosong (aanstamping)	0,48																																				
13	Psg. pondasi gunung; campuran 1 PC : 8 P	2,92																																				
		100,00																																				
		0,00						13,66																														
									44,7																													
										75,2																												
											98,6																											
												100,0																										

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

3. Pondasi Bore Pile

Untuk alternatif ke-tiga atas pemilihan jenis pondasi untuk pekerjaan Pembangunan Gedung OK sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep, adalah pondasi bore pile \varnothing 40 cm, maka uraian waktu pelaksanaan disampaikan dalam penjelasan berikut ini :

- a. Mobilisasi dan perakitan alat diperkirakan memerlukan waktu 2 hari mulai dari mobilisasi sampai dengan setting di lapangan. Alat didatangkan dari Surabaya, dengan perjalanan ditempuh dalam waktu sekitar 6-7 jam.
- b. Pengeboran tanah untuk pondasi dilaksanakan mulai hari ke-3 sampai dengan selesai, dengan detail pelaksanaan sebagai berikut :

Tabel 4.25. Analisis Waktu Pelaksanaan
Alt. 3 Pondasi Bore Pile

No	Kegiatan	Durasi	Satuan
1	Menggeser alat pengeboran	5	menit
2	Peengeboran tanah	60	menit
3	Merapikan bekas galian	15	menit
4	Jumlah waktu per titik	80	menit
	Dalam satu hari 7 jam x 60	420	menit
	Dalam satu hari satu mesin	5-6	titik
	Jumlah titik pondasi	112	titik
	Dibutuhkan waktu	20	hari

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

- c. Pabrikasi pembesian dilaksanakan secara bersamaan dengan pelaksanaan pengeboran, jadi pada hari ke-tiga pelaksanaan pengeboran, pada saat itu pula pekerjaan pabrikasi pembesian dilaksanakan
- d. Setelah beberapa titik pengeboran siap untuk dilakukan pengecoran, maka pengecoran ready mix mutu fc'30 MPa bisa dilaksanakan. Dalam 1 titik bore pile volumenya $\pm 2,50 \text{ m}^3$. Setiap pengecoran dilakukan dengan mendatangkan ready mix dari Sumenep ataupun Pamekasan untuk lebih menjamin tercapainya mutu beton yang direncanakan. Kapasitas molen yang dipergunakan adalah 6 m^3 . Jadi untuk menjamin efisiensi maka diperhitungkan sebagai berikut :

- Volume 1 titik bore pile = $2,50 \text{ m}^3$
- Volume molen = 6 m^3
- Dalam 1 hari = 6 titik
- Dengan pertimbangan lose factor beton saat penuangan, keperluan uji slump sampai dengan pembuatan sampel dll, maka diperkirakan kebutuhan sekali pengecoran adalah 3 unit = 18 m^3
- Atau $18 : 2,5 = 7,2$ titik
= 7 titik/cor
- Maka pengecoran bisa dilaksanakan setiap 3 hari sekali dan dimulai pada hari ke-3 dan seterusnya sampai dengan selesai.

Sama dengan alternatif-alternatif sebelumnya, yaitu alternatif jenis pondasi 1 (spun pile) dan jenis pondasi 2 (square pile), maka pada alternatif berikut ini juga menimbulkan konsekwensi munculnya pekerjaan tambahan berupa pekerjaan

pasangan pondasi batu gunung. Dengan volume yang sama, maka pekerjaan tambahan dirasa membutuhkan waktu 3-4 hari pula

Maka, dapat disimpulkan bahwa untuk pekerjaan pasangan pondasi dengan menggunakan jenis pondasi bore pile Ø 40 cm, dibutuhkan waktu pelaksanaan paling lama 26 hari.

**Tabel 4.26. Grafik Analisis Waktu Pelaksanaan
Alt. 3 Pondasi Bore Pile**

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	NILAI PEKERJAAN	BOBOT	WAKTU PELAKSANAAN																															%
				M1	M2	M3	M4	M5																											
1	Galian tanah biasa	9.619.931,70	0,57	[Gantt chart showing duration for activity 1]																															
2	Urug kembali galian	1.700.166,90	0,10	[Gantt chart showing duration for activity 2]																															
3	Lantai kerja t=5 cm (Bawah Pile Cap)	3.709.410,53	0,22	[Gantt chart showing duration for activity 3]																															
4	Beton Type PC 1 uk. 170x170 t = 50 cm	219.145.442,55	12,88	[Gantt chart showing duration for activity 4]																															
5	Pengeboran pondasi borepile dia. 40 cm	268.800.000,00	15,80	[Gantt chart showing duration for activity 5]																															
6	Beton Borpile dia. 40 cm	1.127.217.735,54	66,27	[Gantt chart showing duration for activity 6]																															
7	Memasang Bekisting untuk Pondasi	17.711.127,00	1,04	[Gantt chart showing duration for activity 7]																															
8	Pasangan batu kosong (aanstamping)	7.509.690,07	0,44	[Gantt chart showing duration for activity 8]																															
9	Psg. pondasi gunung; campuran 1 PC : 8 P	45.590.057,59	2,68	[Gantt chart showing duration for activity 9]																															
		1.701.003.561,88	100,00																																
		0,00		12,86	48,2	86,0	100,0																												

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Jadi, dari hasil analisis waktu pelaksanaan pekerjaan untuk pekerjaan pondasi eksisting maupun alternatif-alternatifnya, maka untuk waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi masing-masing dapat dibandingkan dalam tabel tabel berikut ini :

Tabel 4.27. Perbandingan Waktu Pelaksanaan

No.	Pondasi Rencana (Pondasi Rakit)	Alt. 1 Spun Pile Ø 40 cm	Alt. 2 Square Pile Uk. 35x35 cm	Alt. 3 Bore Pile Ø 40 cm
1	35 hari	30 hari	30 hari	26 hari

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari perbandingan tersebut, maka didapatkan bahwa waktu pelaksanaan pekerjaan untuk pondasi bore pile Ø 40 cm lebih cepat pelaksanaan apabila dibandingkan dua alternatif lainnya maupun rencana pondasi eksisting.

4.2.5.5. Tahapan Penilaian (*Judgement Phase*)

Tahapan selanjutnya adalah bagian dari tahapan analisis yang akan dipergunakan sebagai dasar pertimbangan pemilihan desain pondasi. Analisis tersebut akan diuraikan secara bertahap berikut ini :

A. Analisis Keuntungan dan Kerugian

Secara teknis dan teori, penggunaan mini pile/tiang pancang dan bore pile adalah merupakan bagian dari konstruksi pondasi bangunan yang digunakan untuk membantu mengurangi tekanan dari bangunan beserta seluruh isinya sementara struktur tanah dibawah bangunan terlalu lembek dimana tanah keras berada jauh di bawah. Sehingga mini pile maupun bore pile dirancang agar mampu menahan gaya tegak lurus dari atas dengan menyalurkan melalui sumbu tiang ke lapisan tanah dibawahnya.

Keuntungan dan kerugian penggunaan tiang pancang (*Bowles, 1991*)

1. Keuntungan penggunaan tiang pancang mini pile
 - a. Mini pile mempunyai tegangan tekan yang besar, tergantung dari mutu beton yang digunakan.
 - b. Tiang pancang dapat dihitung baik sebagai End Bearing Pile maupun Friction Pile.
 - c. Tidak memerlukan galian tanah yang banyak untuk poernya karenanya tidak terpengaruh tinggi muka air tanah.
 - d. Tiang pancang ini dapat tahan lama, serta tahan terhadap pengaruh air maupun bahan-bahan yang korosif asal beton dekkingnya cukup tebal untuk melindungi tulangnya.
2. Kerugian penggunaan Tiang Pancang Mini pile
 - a. Karena bobotnya yang berat maka biaya transport akan mahal.
 - b. Tiang pancang seringkali harus menunggu proses produksi, dan baru bisa dipancang setelah betonnya cukup keras, hal ini berarti memerlukan waktu yang lebih lama untuk menunggu sampai tiang beton ini dapat dipergunakan.
 - c. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.
 - d. Bila panjang tiang pancang kurang, karena panjang dari tiang pancang ini tergantung dari alat pancang (*Pile Driving*) yang tersedia maka untuk melakukan penyambungan menjadi sulit dan memerlukan alat penyambung khusus.

Keuntungan dan kerugian penggunaan Bore Pile (*Hardiyatmo, H. C., 2002*)

1. Keuntungan penggunaan Bore Pile
 - a. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
 - b. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (Pile Cap). Kolom dapat langsung diletakkan di puncak bore pile.
 - c. Kedalam tiang dapat divariasikan.
 - d. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
 - e. Bore pile dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan menembus batuan.
 - f. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
 - g. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
2. Kerugian penggunaan Bore Pile
 - a. Pengecoran Bore Pile dipengaruhi kondisi cuaca.
 - b. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
 - c. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan Bore Pile mengurangi kapasitas dukung Bore Pile terutama bila Bore Pile cukup dalam.
 - d. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
 - e. Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
 - f. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang temporary casing untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

Selanjutnya, terhadap pilihan-pilihan ide kreatif yang ada dan yang telah dilakukan analisis dari sisi teknis, biaya dan waktu, selanjutnya kemudian dilakukan sebuah analisis ranking yang diperhitungkan berdasarkan kriteria-kriteria untuk analisis value engineering. Penulis dalam hal ini menyusun kriteria-kriteria (parameter) tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Biaya Pelaksanaan
2. Kualitas

3. Waktu Pelaksanaan
4. Metode Pelaksanaan
5. Peralatan Kerja
6. Dampak Lingkungan
7. Persediaan Material
8. Lahan Stok Material di Site
9. Mobilisasi Material ke site
10. Bentuk Konstruksi
11. Identifikasi Kondisi Tanah

Penilaian tingkat urutan pentingnya parameter tersebut menggunakan parameter-parameter atas penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya oleh Budi Wicaksana (2012) yang kemudian disebarakan dalam bentuk kuisisioner untuk mendapatkan pendapat paling obyektif terhadap 10 orang praktisi maupun akademisi dengan keahlian dan tingkat pengalaman yang berbeda-beda namun sebagian besar diantaranya memiliki keterkaitan, baik itu keterkaitan keterlibatan dalam pekerjaan/proyek tersebut, ataupun keterkaitan karena pengalaman dan sebagainya.

Dari data dan hasil kuisisioner tersebut di atas, dapat dihasilkan bobot untuk masing-masing kriteria adalah sebagai berikut ini :

Tabel 4.28. Tabel Penilaian Ranking

No.	Kriteria	Skor	Alt. 1 Spun Piles Ø40 cm	Alt.2 Square Pile uk.35x35 cm	Alt.3 Bore Pile Ø40 cm
1	Biaya Pelaksanaan	1 - 10	8,9	9,8	7,9
2	Kualitas	1 - 9	8,7	8,1	7,3
3	Waktu Pelaksanaan	1 - 9	7,2	7,1	7,5
4	Metode Pelaksanaan	1 - 8	6,1	6,2	5,9
5	Peralatan Kerja	1 - 7	5,6	6,2	6,6
6	Dampak Lingkungan	1 - 6	1	1	5,7
7	Persediaan Material	1 - 6	4,5	4,7	5,8
8	Lahan Stok Material di Site	1 - 5	1	1	5
9	Mobilisasi Material ke Site	1 - 5	3,5	3,8	4,8
10	Bentuk Konstruksi	1 - 4	4	4	3,6
11	Identifikasi Kondisi Tanah	1 - 3	1	1	1
	Rating		51,5	52,9	61,1
	Ranking		3	2	1

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dengan penjelasan atas masing-masing parameter itu sebagai berikut :

Tabel 4.29. Tabel Hasil Kuisioner

No	Kriteria	Alt.	Nilai	Penjelasan
1	Biaya Pelaksanaan	Alt. 1	8,9	Rp. 1.819.407.892,79
		Alt. 2	9,8	Rp. 1.560.746.590,92
		Alt. 3	7,9	Rp. 1.701.003.561,88
2	Kualitas	Alt. 1	8,7	Menurut responden, tiang pancang dibuat di pabrik, pemeriksaan kualitasnya lebih ketat, dan hasilnya lebih dapat diandalkan, dan pemeriksaan dapat dilakukan setiap saat.
		Alt. 2	8,1	
		Alt. 3	7,3	Mengingat kondisi tanah di site, ada pendapat bahwa pengecoran beton dari batang tiang borepile yang posisinya dibawah air, maka kualitasnya setelah selesai lebih rendah dibandingkan. Pemeriksaan kualitas hanya dapat dilakukan secara tidak langsung karena kondisinya tidak memungkinkan
3	Waktu Pelaksanaan	Alt. 1	7,1	30 hari
		Alt. 2	7,3	Tiang pancang terkendala jarak pengiriman dan waktu setting di lapangan, disamping karena sempitnya manuver dan ruang kerja
		Alt. 3	9	26 hari
4	Metode Pelaksanaan	Alt. 1	6,1	Cukup mengandalkan alat pancang saja, namun sempitnya kondisi lapangan mengharuskan adanya pekerjaan pembongkaran untuk mendapatkan ruang kerja dan manuver
		Alt. 2	6,2	
		Alt. 3	5,9	Ketika beton dituangkan, dkuatirkan/memungkinkan bercampur dengan runtuh tanah oleh karena itu beton harus dituangkan dengan seksama setelah penggalian dilakukan. Walaupun

				penetrasi sampai ke tanah dasar pendukung dan pondasi dianggap terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun didasar.
5	Peralatan Kerja	Alt. 1	5,6	Peralatan sederhana tapi membutuhkan waktu setting dan mobilisasi yang lebih lama
		Alt. 2	6,2	
		Alt. 3	6,6	
6	Dampak Lingkungan	Alt. 1	1	Site mepet dengan gedung-gedung di sekitarnya, dan hampir tidak ada akses alat untuk masuk ke dalam site, selain membongkar bangunan depan (gedung utama). Belum lagi pemancangan pasti menimbulkan dampak fisik terhadap bangunan-bangunan di sekitarnya
		Alt. 2	1	
		Alt. 3	5,7	
7	Persediaan material	Alt. 1	4,5	Pengadaan material tergantung pada pabrik yang memproduksi
		Alt. 2	4,7	
		Alt. 3	5,8	
8	Lahan stok material di site	Alt. 1	1	Tidak ada lahan stok
		Alt. 2	1	
		Alt. 3	5	
9	Mobilisasi material ke site	Alt. 1	3,5	Perlu alat transportasi khusus
		Alt. 2	3,8	
		Alt. 3	4,8	
10	Bentuk konstruksi	Alt. 1	4	Untuk pemancangan yang dalam dan memerlukan tiang yang panjang, diperlukan persiapan penyambungan. Bila pekerjaan penyambungan tidak baik, akibatnya sangat merugikan.
		Alt. 2	4	
		Alt. 3	3,6	
				Karena tanpa sambungan, dapat dibuat tiang yang lurus

				dan tidak sulit menetapkan panjang tiang tanpa membuang material/bahan, hanya faktor muka air tanah yg tinggi saja yang menjadi kendala
11	Identifikasi kondisi tanah	Alt. 1	1	Tidak terlalu menguntungkan untuk ketiga alternatif pondasi
		Alt. 2	1	
		Alt. 3	1	

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Dari hasil penilaian ranking ini maka didapatkan kesimpulan bahwa masing-masing alternatif ide pondasi memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing, yaitu :

1. Alternatif 1 type pondasi tiang pancang spun pile Ø 40 cm memiliki nilai tertinggi untuk kriteria kualitas (8,7)
2. Alternatif 2 type pondasi penampang kotak ukuran 35x35 cm memiliki penilaian tertinggi untuk kriteria biaya yang paling ekonomis, metode pelaksanaan, dan bentuk konstruksi
3. Alternatif 3 type pondasi bore pile Ø 40 cm memiliki penilaian tertinggi dari sisi waktu pelaksanaan yang lebih cepat, peralatan kerja yang lebih praktis, minimnya dampak terhadap lingkungan sekitar, persediaan material, lahan untuk stok material dan kemudahan mobilisasi

B. Metode Zero One

Sebelum dilakukan analisis dengan metode Zero One, maka dilakukan pembobotan terhadap kriteria-kriteria parameter yang sebelumnya disusun. Pembobotan terhadap parameter tersebut dituangkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.30. Penilaian Bobot untuk Analisis Zero One

No.	Kriteria	Biaya Pelaksanaan		Kualitas	Waktu Pelaksanaan	Metode Pelaksanaan	Peralatan Kerja	Dampak Lingkungan	Persediaan Material	Lahan Stok Material di Site	Mobilisasi Material ke Site	Bentuk Konstruksi	Identifikasi Kondisi Tanah	Total	Ranking	Bobot
		A	B													
1	Biaya Pelaksanaan	A	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	11
2	Kualitas	B	0	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	2	10
3	Waktu Pelaksanaan	C	0	0	x	1	1	1	1	1	1	1	1	8	3	9
4	Metode Pelaksanaan	D	0	0	0	x	1	1	1	1	1	1	1	7	4	8
5	Peralatan Kerja	E	0	0	0	0	x	1	1	1	1	1	1	6	5	7
6	Dampak Lingkungan	F	0	0	0	0	0	x	1	1	1	1	1	5	6	6
7	Persediaan Material	G	0	0	0	0	0	0	x	1	1	1	1	4	7	5
8	Lahan Stok Material di Site	H	0	0	0	0	0	0	0	x	1	1	1	3	8	4
9	Mobilisasi Material ke Site	I	0	0	0	0	0	0	0	0	x	1	1	2	9	3
10	Bentuk Konstruksi	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	1	1	10	2
11	Identifikasi Kondisi Tanah	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	11	1

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Pada metode zero-one ini, setelah bobot ditentukan, selanjutnya dapat dilakukan analisis untuk semua kriteria, sebagai berikut :

1. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 1

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	0	1	1	1/3
2	1	x	1	2	2/3
3	0	0	x	0	0
Jumlah				3	1

2. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 2

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	1	1	2	2/3
2	0	x	1	1	1/3
3	0	0	x	0	0
Jumlah				3	1

3. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 3

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	1	0	1	1/3
2	0	x	0	0	0
3	1	1	x	2	2/3
Jumlah				3	1

4. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 4

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	0	1	1	1/3
2	1	x	1	2	2/3
3	0	0	x	0	0
Jumlah				3	1

5. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 5

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	0	0	0	0
2	1	x	0	1	1/3
3	1	1	x	2	2/3
Jumlah				3	1

6. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 6

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	1	0	1	1/4
2	0	x	1	1	1/4
3	1	1	x	2	1/2
Jumlah				4	1

7. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 7

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	0	0	0	0
2	0	x	1	1	1/3
3	1	1	x	2	2/3
Jumlah				3	1

8. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 8

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	1	0	1	1/4
2	0	x	1	1	1/4
3	1	1	x	2	1/2
Jumlah				4	1

9. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 9

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	0	0	0	0
2	0	x	1	1	1/3
3	1	1	x	2	2/3
Jumlah				3	1

10. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 10

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	1	1	2	1/2
2	1	x	1	2	1/2
3	0	0	x	0	0
Jumlah				4	1

11. Penilaian dengan metode Zero One terhadap kriteria 11

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	x	1	1	2	1/3
2	1	x	1	2	1/3
3	1	1	x	2	1/3
Jumlah				6	1

Setelah dilakukan analisis menggunakan metode zero-one, kemudian dilakukan pembobotan dengan matriks evaluasi sebagai alat pengambilan keputusan yang dapat menggabungkan kriteria kualitatif (tak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur). Kriteria-kriteria tersebut adalah berdasarkan kriteria yang digunakan dalam analisis metode zero-one. Matriks evaluasi untuk pembobotan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.31. Matriks Evaluasi Metode Zero One

No	Alternatif	Kriteria											Total (%)	Keterangan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Alt. 1 Pondasi Spun Pile	16,67	15,15	13,64	12,12	10,61	9,09	7,58	6,06	4,55	3,03	1,52	30,05	Indeks Bobot
		1/3	2/3	1/3	1/3	0	1/4	0	1/4	0	1/2	1/3		
		5,56	10,10	4,55	4,04	-	2,27	-	1,52	-	1,52	0,51		
2	Alt. 2 Pondasi Square Pile	2/3	1/3	0	2/3	1/3	1/4	1/3	1/4	1/3	1/2	1/3	37,63	Indeks Bobot
		11,11	5,05	-	8,08	3,54	2,27	2,53	1,52	1,52	1,52	0,51		
		0	0	2/3	0	2/3	1/2	2/3	1/2	2/3	0	1/3		
3	Alt. 3 Pondasi Bore Pile	-	-	9,09	-	7,07	4,55	5,05	3,03	3,03	-	0,51	32,32	Indeks Bobot

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Keterangan :

- Pemberian nilai pada bobot adalah berdasarkan kepentingan kriteria pada Tabel 4.30, sedangkan indeks didapat dari tabel penilaian.
- Bobot untuk setiap kriteria didapat dari perkalian antara bobot kepentingan dengan indeks, sedangkan bobot total didapat dari penjumlahan dari bobot setiap kriteria.

Dari matriksi dengan metode evaluasi Zero One, maka didapatkan ranking untuk alternatif pondasi terbaik secara berturut-turut adalah :

1. **Alternatif 2 Pondasi Square Pile ukuran 35x35 cm dengan bobot nilai 37,63**
2. Alternatif 3 Pondasi Bore Pile Ø 40 cm dengan bobot nilai 32,32
3. Alternatif 1 Pondasi Spun Pile Ø 40 cm dengan bobot nilai 30,05

C. Analisis Perhitungan Biaya Siklus Hidup

Tahapan selanjutnya adalah menganalisis biaya berdasarkan siklus hidup. Perhitungan biaya siklus hidup diperlukan faktor-faktor sebagai dasar perhitungannya. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut :

1. Biaya awal

Biaya awal pada penelitian ini adalah biaya total desain pondasi awal sesuai kontrak dan desain alternatif sesuai Rencana Anggaran Biaya (RAB) alternatif yang sudah diperhitungkan. Biaya awal konstruksi dapat dilihat pada Tabel 4.15.

2. Biaya pemeliharaan

Faktor biaya pemeliharaan pada penelitian ini dianggap Rp. 0,00 karena pada pondasi tidak memerlukan pemeliharaan struktur, sehingga komponen biaya ini dianggap tidak ada.

3. Umur konstruksi (umur pakai)

Pada studi ini struktur diasumsikan sesuai dengan standar peraturan pemerintahan yang ada mengenai bangunan negara dimana umur bangunan harus sampai dengan umur 25 tahun.

4. Nilai sisa (jika ada)

Nilai sisa pada struktur pondasi diasumsikan 0% dari nilai awal. Pondasi tidak mempunyai nilai jual untuk instalasi kembali, sehingga dianggap tidak mempunyai nilai sisa

Tabel 4.32. Analisis Perhitungan Biaya Siklus Hidup

Kriteria	No	Present Value	Desain Awal Pondasi Rakit	Alt. 1 Spun Pile	Alt. 2 Square Pile	Alt. 3 Bore Pile
Initial Cost	1	Biaya Konstruksi	1.913.127.224,44	1.819.407.892,79	1.560.746.590,92	1.701.003.561,88
	2	Total Initial Cost	1.913.127.224,44	1.819.407.892,79	1.560.746.590,92	1.701.003.561,88
Replacement Cost	3	Pergantian desain selama 25 tahun	-	-	-	-
Salvage Cost	4	Nilai sisa dari desain	-	-	-	-
Operational Cost	5	Biaya operasional pada seluruh desain	-	-	-	-
Maintenance Cost	6	Biaya pemeliharaan	-	-	-	-
	7	Present Worth of Annual Maintenance	-	-	-	-
Total	8	Total Cost Present Value	1.913.127.224,44	1.819.407.892,79	1.560.746.590,92	1.701.003.561,88

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Selanjutnya dilakukan perhitungan besar penghematan terhadap biaya awal (*initial cost*). Perhitungan penghematan dilakukan terhadap pondasi alternatif 1, dan alternatif 3 (ranking 2) sebagai pembandingan.

Untuk alternatif 2 Pondasi Square Pile ukuran 35x35 cm

Besar penghematan initial cost = Rp. 1.913.127.224,44 – Rp. 1.560.746.590,92
= Rp. 352.380.633,53,-.

Penghematan initial cost = $\frac{352.380.633,53}{1.913.127.224,44} \times 100\%$
= **18,42%**

Jadi, besar potensi penghematan yang terjadi pada pondasi alternatif 2 adalah sebesar 18,42% dari biaya pondasi desain awal (sesuai kontrak).

Untuk alternatif 3 Pondasi Bore Pile Ø 40 cm

Besar penghematan initial cost = Rp. 1.913.127.224,44 – Rp. 1.701.003.561,88
= Rp. 212.123.662,56,-.

Penghematan initial cost = $\frac{212.123.662,56}{1.913.127.224,44} \times 100\%$
= **11,09%**

Jadi, besar potensi penghematan yang terjadi pada pondasi alternatif 3 adalah sebesar 11,05% dari biaya pondasi desain awal (sesuai kontrak).

Sedangkan untuk besar penghematan apabila dibandingkan dengan keseluruhan nilai kontrak pekerjaan, maka untuk penggunaan alternatif jenis pondasi 2 (tiang pancang square) didapatkan nilai penghematan biaya sebesar 2,5%.

Untuk penggunaan jenis pondasi lainnya, untuk alternatif ke-3, yaitu jenis pondasi bore pile dengan diameter 40 cm, didapatkan nilai penghematan biaya

sebesar 1,51% dari nilai kontrak secara keseluruhan, sedangkan untuk jenis pondasi alternatif pertama (pondasi spun pile diameter 40 cm), didapatkan nilai penghematan biaya sebesar 0,66% terhadap nilai kontrak pekerjaan secara keseluruhan.

Berikut rincian besaran penghematan untuk masing-masing jenis alternatif pondasi tersebut ditampilkan dalam tabel 4.33. berikut ini :

Tabel 4.33. Perbandingan Penghematan Alternatif Jenis Pondasi Biaya Terhadap Nilai Kontrak

NO.	URAIAN PEKERJAAN.	JUMLAH ANGGARAN			
		RENCANA (Rp)	ALT. 1 (Rp)	ALT. 2 (Rp)	ALT. 3 (Rp)
1	2				3
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	93.708.016,85	93.708.016,85	93.708.016,85	93.708.016,85
II	PEKERJAAN TANAH	385.312.363,35	385.312.363,35	385.312.363,35	385.312.363,35
III	PEKERJAAN PASANGAN DINDING	287.302.868,64	287.302.868,64	287.302.868,64	287.302.868,64
IV	PEKERJAAN PLESTERAN DAN SCREEDING	467.166.086,27	467.166.086,27	467.166.086,27	467.166.086,27
V	PEKERJAAN BETON DAN BAJA KOMPOSIT	5.314.255.611,10	5.220.536.279,44	4.961.874.977,57	5.102.131.948,54
VI	PEKERJAAN KAYU HALUS, KUSEN, PINTU, JENDELA DAN PENGGANTUNG	584.723.985,02	584.723.985,02	584.723.985,02	584.723.985,02
VII	PEKERJAAN RANGKA DAN PENUTUP ATAP	767.494.300,11	767.494.300,11	767.494.300,11	767.494.300,11
VIII	PEKERJAAN RANGKA DAN PENUTUP LANGIT-LANGIT	125.326.125,95	125.326.125,95	125.326.125,95	125.326.125,95
IX	PEKERJAAN SANITASI DAN PERPIPAAN	399.390.442,27	399.390.442,27	399.390.442,27	399.390.442,27
XI	PEKERJAAN BESI NON STRUKTUR DAN STAINLESS STEEL	54.130.500,00	54.130.500,00	54.130.500,00	54.130.500,00
XII	PEKERJAAN PENUTUP LANTAI DAN DINDING	632.325.629,48	632.325.629,48	632.325.629,48	632.325.629,48
XIII	PEKERJAAN PENGECATAN	194.889.136,06	194.889.136,06	194.889.136,06	194.889.136,06
XIV	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL	940.526.332,50	940.526.332,50	940.526.332,50	940.526.332,50
XV	PEKERJAAN INSTALASI GAS MEDIS	1.546.298.855,66	1.546.298.855,66	1.546.298.855,66	1.546.298.855,66
XVI	PEKERJAAN INSTALASI MODULAR OPERATING THEATRE/MOT	2.298.180.000,00	2.298.180.000,00	2.298.180.000,00	2.298.180.000,00
Jumlah Total Biaya Konstruksi Fisik (BKF)		14.091.030.253,25	13.997.310.921,60	13.738.649.619,73	13.878.906.590,69
Ppn (10%)		1.409.103.025,33	1.399.731.092,16	1.373.864.961,97	1.387.890.659,07
Jumlah Seluruhnya		15.500.133.278,58	15.397.042.013,76	15.112.514.581,70	15.266.797.249,76
Pembulatan		15.500.000.000,00	15.397.000.000,00	15.112.000.000,00	15.266.000.000,00
Selisih		-	103.000.000,00	388.000.000,00	234.000.000,00
PERSENTASE PENGHEMATAN		-	0,66	2,50	1,51

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

4.2.6. Tahap Rekomendasi

Pada tahap rekomendasi disajikan secara lengkap hasil analisis value engineering yang meliputi keunggulan atau kelebihan ide dari usulan-usulan desain yang baru. Data-data yang disampaikan adalah data-data desain pondasi alternatif terbaik, hasil desain (struktur pondasi), dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan pondasi.

Tahap ini bertujuan untuk meyakinkan para pengambil keputusan dan menjadi dasar pertimbangan yang kuat untuk pengambilan keputusan bahwa alternatif desain yang diusulkan merupakan alternatif desain terbaik.

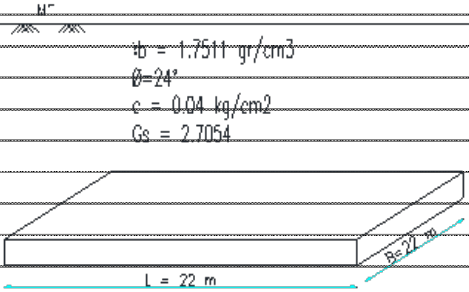
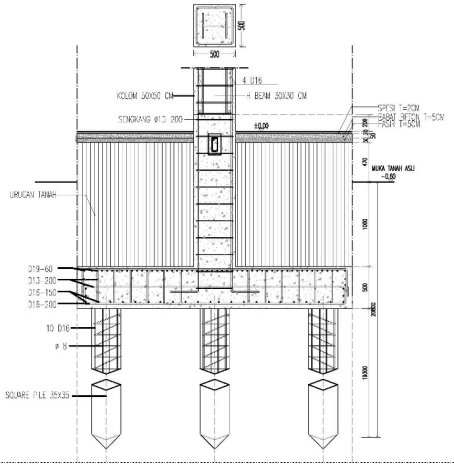
Berdasarkan penilaian bobot sebagaimana tersaji pada tabel 4.25, maka dua item alternatif desain yang mempunyai bobot terbesar adalah pondasi pancang penampang kotak ukuran 35x35 cm dan pondasi borepile Ø 40 cm.

Pada tahap rekomendasi ini disajikan hasil analisis value engineering yang meliputi keunggulan konsep dari usulan desain alternatif, sebagai berikut :

1. Desain alternatif 2 mempunyai keunggulan terbesar dari sisi pembiayaan yang lebih murah/murah dibandingkan desain eksisting maupun desain alternatif-alternatif lainnya.
2. Pelaksanaannya relatif mudah dibandingkan tiang pancang spunpile
3. Namun demikian ada aspek yang perlu dipertimbangkan kembali mengenai biaya lain-lain yang harus dikeluarkan mengingat posisi rencana bangunan berdekatan dengan bangunan-bangunan yang lain. Serta sulitnya akses peralatan pancang untuk masuk ke dalam site.
4. Desain alternatif 3 adalah pilihan lain yang bisa dipertimbangkan dari sisi penilaian bobot alternatif. Walaupun dari sisi harga, jenis pondasi alternatif ini membutuhkan pembiayaan yang lebih besar, bahkan paling mahal apabila dibandingkan dengan 2 alternatif pengganti lainnya namun, penggunaan jenis pondasi bore pile ini masih lebih murah apabila dibandingkan dengan jenis pondasi eksisting.
5. Secara teknis, pelaksanaannya akan lebih mudah, waktu pelaksanaan relatif lebih cepat, dengan jumlah tiang bor pile yang lebih sedikit serta dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan jauh lebih sedikit apabila dibandingkan dengan jenis pondasi tiang pancang.
6. Persediaan material untuk pembuatan jenis pondasi bore pile tidak tergantung pada supplier, sehingga waktu pelaksanaannya juga lebih mudah dikendalikan.
7. Penempatan untuk material bahan juga tidak memerlukan tempat yang luas sehingga tidak mengganggu site secara umum.
8. Pengangkutan material ke lokasi tidak memerlukan alat/kendaraan khusus.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka jenis pondasi yang direkomendasikan untuk alternatif pengganti pondasi Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep ini adalah menggunakan pondasi pancang penampang kotak ukuran 35x35 cm dengan pilihan kedua adalah jenis pondasi bore pile Ø 40 cm.

Tabel 4.34. Rekomendasi

No	Kriteria	Uraian
1	Rencana Awal	: Pondasi Rakit (modifikasi)
		 <p> $\gamma = 1.7511 \text{ gr/cm}^3$ $\theta = 24^\circ$ $c = 0.04 \text{ kg/cm}^2$ $G_s = 2.7054$ </p> <p>Pondasi Rakit</p>
2	Biaya	: Rp. 1.913.127.224,44
3	Usulan	: Pondasi Square Pile uk. 35x35 cm (alt. 2)
		
4	Biaya	: Rp. 1.560.746.590,92
5	Besar penghematan biaya	: Rp. 352.380.633,53 18,42%
6	Dasar Pertimbangan	: Analisis Keuntungan dan Kerugian Proyek Analisis Bobot (Metode Zero One) Analisis Daur Hidup Proyek

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

4.2.7. Tahap Penyajian

Tahapan terakhir studi ini adalah tahap penyajian terhadap hasil dari analisis value engineering yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya untuk pengambilan keputusan. Tahap penyajian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.35. Penyajian *Value Engineering*

Proyek : Pembangunan Gedung OK Sentral RSUD Dr. H. Moh. Anwar Kabupate Sumenep Lokasi : Jl. Dr. Cipto No. 35, Sumenep	Tahap Penyajian Value Engineering
Item Pekerjaan : Pondasi	
<p>Konsep Usulan (<i>Proposed Concept</i>) Konsep dari desain pondasi yang asli atau konsep rencana awal adalah menggunakan desain pondasi rakit yang dimofikasi dengan adanya penambahan rusuk-rusuk beton. Sedangkan alternatif-alternatif desain jenis pondasi yang diusulkan atas desain awal adalah :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pondasi tiang pancang, dengan 2 bentuk penampang yaitu penampang lingkaran (Spun Pile) dan penampang kotak (Square Pile) - Pondasi bore pile <p>Usulan Perubahan (<i>Proposed Change</i>) Setelah dilakukan analisis value engineering, pada desain pondasi proyek tersebut, maka diusulkan atau direkomendasikan untuk melakukan perubahan jenis pondasi menjadi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pondasi tiang pancang penampang kotak ukuran 35x35 cm dengan kebutuhan anggaran pembiayaan pekerjaan pondasi sebesar Rp. 1.560.746.590,92 - Alternatif pilihan berikutnya adalah dengan menggunakan pondasi borepile Ø 40 cm dengan anggaran pekerjaan sebesar Rp. 1.701.003.561,88. <p>Diskusi (<i>Discussion</i>) Dari hasil analisis value engineering yang telah dilakukan, maka pondasi pondasi tiang pancang penampang kotak berukuran 35 x 35 cm mempunyai bobot penilaian terbesar 37,63%. Alternatif ini merupakan pilihan termurah dari segi biaya walaupun bukan yang tercepat. Sedangkan alternatif pondasi bore pile merupakan alternatif pondasi dengan bobot sebesar 32,32% dengan keunggulan pada waktu pelaksanaan yang lebih pendek dan pelaksanaan yang lebih mudah tanpa dampak samping yang merugikan, namun merupakan pilihan termahal diantara alternatif-alternatif lainnya walaupun masih lebih murah bila dibandingkan dengan desain pondasi awal.</p>	

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

4.3. PEMBAHASAN

Bahasan terhadap hasil studi dilakukan secara keseluruhan dan terfokus kepada hasil temuan alternatif terpilih. Penggalan ide-ide kreatif yang telah dikemukakan pada tahap kreatif analisis ini menghasilkan alternatif-alternatif desain pondasi yang memungkinkan untuk diterapkan atau diimplementasikan. Alternatif desain yang muncul adalah :

- Pondasi Tiang Pancang penampang lingkaran (Spun Pile) Ø 40 cm
- Pondasi Tiang Pancang penampang kotak (Square Pile) ukuran 35x35 cm
- Pondasi Bore Pile Ø 40 cm

Alternatif terpilih adalah suatu jenis pondasi dengan desain terlampir, setelah sebelumnya telah dilakukan analisis terhadap fungsi dan kualitas rancangan. Terhadap fungsi, jenis pondasi alternatif tersebut memenuhi persyaratan sebagai pondasi gedung OK Sentral tersebut dan merupakan elemen penting dalam suatu konstruksi bangunan gedung. Terhadap kualitas rancangan bangunan, dilakukan analisis dengan melakukan perhitungan struktur dan teknis atas alternatif terpilih tersebut.

Setelah dilakukan review desain terhadap pondasi-pondasi alternatif ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa alternatif-alternatif desain tersebut dinyatakan aman secara struktur sehingga bisa dilakukan tahapan analisis berikutnya.

Setelah diketahui keamanannya, baru kemudian dilanjutkan dengan perhitungan terhadap Rencana Anggaran Biaya (RAB) alternatif-alternatif pekerjaan pondasi tersebut dengan hanya memperhitungkan direct cost nya saja (biaya material, upah tenaga, dan alat). Perbandingan biaya alternatif-alternatif desain ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.36. Perbandingan Biaya

No.	Pondasi Rencana (Pondasi Rakit)	Alt. 1 Spun Pile Ø 40 cm	Alt. 2 Square Pile Uk. 35x35 cm	Alt. 3 Bore Pile Ø 40 cm
1	1.913.127.224,44	1.819.407.892,79	1.560.746.590,92	1.701.003.561,88

Sumber: diolah oleh penulis, 2020

Tabel 4.28 tersebut menunjukkan bahwa alternatif jenis tiang pancang penampang kotak (Square Pile) adalah pondasi yang paling murah dari segi pembiayaan, sedangkan pondasi bore pile adalah alternatif pondasi yang paling mahal.

Selain dengan hasil perhitungan biaya tersebut, untuk mengetahui alternatif desain pondasi yang mempunyai potensi penghematan sebelumnya dapat dilakukan dengan analisis fungsi pekerjaan yang telah diuraikan pada sub bab analisis rencana anggaran biaya (Tabel 4.17). Dari hasil analisis tersebut, seluruh alternatif desain memiliki potensi penghematan dengan nilai cost/worth lebih dari 1. Berdasarkan analisis perbandingan biaya alternatif desain, maka yang menjadi pertimbangan dalam rekomendasi adalah alternatif yang harus memenuhi fungsi dan biaya dan seluruh alternatif yang ada dapat memenuhi persyaratan tersebut.

Pada matriks analisis rating ranking diperoleh daftar urutan atau ranking alternatif pondasi yang seluruhnya memungkinkan untuk dilanjutkan dengan dengan model analisis berikutnya. Pada analisis ranking, alternatif pondasi bore pile memiliki ranking tertinggi dengan skor 61,7 yang kemudian dilanjutkan secara berturut-turut oleh Pondasi Tiang Pancang penampang kotak ukuran 35 x 35 cm dan yang menempati ranking terakhir adalah jenis pondasi tiang pancang penampang lingkaran (Spun Pile) Ø 40 cm dengan skor masing-masing adalah 52,9 dan 51,8 (lihat tabel 4.24).

Selanjutnya, dari hasil dan kriteria yang sama dengan analisis rating, kemudian dilanjutkan dengan analisis Zero One. Analisis metode Zero One pada prinsipnya bertujuan mencari bobot atas kriteria-kriteria yang sebelumnya telah ditetapkan dalam analisis ranking dan rating sebelumnya, dimana bobot atas kriteria-kriteria tersebut ditetapkan berdasarkan bobot penilaian atas pekerjaan itu sendiri, dimana dari hasil analisis Zero One tersebut, didapatkan bobot terbesar pekerjaan pondasi justru ada pada alternatif 2, baru kemudian disusul oleh alternatif 3 dan alternatif 1.

Nilai pekerjaan (biaya) pondasi alternatif 2, adalah sebesar Rp 1.560.746.590,92 dan menghasilkan penghematan sampai sebesar Rp. 352.380.633,53 atau sebesar 18,42% dari initial cost. Sedangkan untuk alternatif 3 menghasilkan penghematan sebesar Rp. 212.123.662,56 atau sekitar 11,09% dari initial cost.

Berdasarkan hasil-hasil analisis di atas, maka apabila faktor penghematan biaya lebih dipertimbangkan daripada faktor lainnya, maka pondasi tiang pancang penampang kotak ukuran 35x35 cm adalah jenis pondasi yang paling direkomendasikan mengingat besarnya prosentase penghematan yang didapatkan. Namun apabila faktor waktu, kemudahan pelaksanaan dan minimnya dampak lingkungan, maka jenis pondasi bore pile lebih direkomendasikan.