TUGAS AKHIR

REKAYASA NILAI PADA PEKERJAAN STRUKTUR PONDASI BANGUNAN GEDUNG *(VALUE ENGINEERING ON THE WORK OF THE BUILDING FOUNDATION STRUCTURE)*

(Studi Kasus Pembangunan Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia)

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

ADINDA TRI PUTRA
10.511.225

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

2017

TUGAS AKHIR

REKAYASA NILAI PADA PEKERJAAN STRUKTUR PONDASI BANGUNAN GEDUNG

disusun oleh

ADINDA TRI PUTRA

10.511.225

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
diuji pada tanggal 6 Oktober2017

oleh Dewan Penguji :

Pembimbing I	**Pembimbing II**
(Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D)	**(M. Rifqi A., ST., M.Eng)**
Penguji I	**Penguji II**
(Dr. Ir. Tuti Sumarningsih, S.T., M.T)	**(Albani Musyafa, S.T., M.T., Ph.D)**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D)

LEMBAR PERNYATAAN

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

Yogyakarta, 14 Juli 2017

Yang membuat pernyataan

Adinda Tri Putra

(10511225)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu'alaikum wr.wb.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah ﷻ atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. Tak lupa shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad ﷺ, keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya, Karena keridhaan-Nya, penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan jenjang Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selanjutnya, izinkanlah penyusun mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah membimbing dan membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih tersebut penyusun sampaikan kepada :

1. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing satu tugas akhir**,** terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penyusun selama penyusunan Laporan Tugas Akhir maupun dalam masa perkuliahan.
2. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing dua tugas akhir**,** terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penyusun selama penyusunan Laporan Tugas Akhir maupun dalam masa perkuliahan.
2. Ibu Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3. Seluruh dosen dan pengajar Teknik Sipil-UII yang telah memberikan ilmu selama masa kuliah.
4. Seluruh staff dan karyawan serta pengawas proyek dari proyek pembangunan Gedung Rumah Sakit UII yang telah memberikan banyak pengalaman dan informasi penting menyangkut proyek Pembangunan Gedung RSUII.
5. Orang tua dan keluarga besar SIPIL 10 yang telah memberikan nasihat, semangat dan selalu mendoakan,

Penulis berharap semoga perencanaan desain yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil Indonesia dan dapat bermanfaat untuk pengembangan perencanaan selanjutnya.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 14 Juli 2017

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Adinda Tri Putra

10.511.225

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
LEMBAR PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
ABSTRAK xii
ABSTRACT xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 LATAR BELAKANG 1
1.2 RUMUSAN MASALAH 3
1.3 TUJUAN PENELITIAN 3
1.4 MANFAAT PENELITIAN 3
1.5 BATASAN MASALAH 4
1.6 LOKASI STUDI 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 TINJAUAN UMUM 6
2.2 TINJAUAN PENELITIAN 6
2.3 PERBEDAAAN PENELITIAN 10
BAB III LANDASAN TEORI 14
3.1 UMUM 14
3.2 *VALUE ENGINEERING* (REKAYASA NILAI) 14
3.2.1 Definisi *Value Engineering* (Rekayasa Nilai) 14
3.2.2 Tujuan *Value Engineering* 17
3.2.3 Nilai (*Value*) 18
3.2.4 Biaya 19
3.2.5 Fungsi 21

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.2.6 Identifikasi Biaya Tinggi 23
3.2.7 Sebab-Sebab Timbulnya Biaya Yang Tidak Diperlukan 23
3.2.8 Unsur-Unsur Utama *Value Engineering* (Rekayas Nilai) 24
3.2.9 Waktu Mengaplikasikan *Value Engineering* 25
3.2.10 Rencana Kerja *Value Engineering* (Rekayasa Nilai) 26
3.3 RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) 27
3.4 PONDASI 28
3.4.1 Jenis Dan Fungsi Pondasi Dalam 29
3.4.2 Syarat-Syarat Perencanaan Pondasi Dalam 30
3.4.3 Daya Dukung Pondasi 31
3.4.4 Beban-Beban Yang Bekerja 31
3.4.5 Perencanaan Pondasi Dalam 32
3.5 ANALISIS STRUKTUR 37
BAB IV METODE PENELITIAN 38
4.1 JENIS PENELITIAN 38
4.2 OBYEK DAN SUBYEK PENELITIAN 38
4.3 PENGUMPULAN DATA 38
4.4 TAHAP PENELITIAN 39
4.4.1 Tahap Informasi (*Information Phase*) 39
4.4.2 Tahap Kreatif (*Creative Phase*) 40
4.4.3 Tahap Pertimbangan (*Judgment Phase*) 41
4.4.4 Tahap Pengembangan (*Development Phase*) 42
4.4.5 Tahap Rekomendasi (*Recommendation Phase*) 42
4.5 BAGAN ALIR PENELITIAN 43
4.6 RENCANA JADWAL PELAKSANAAN TUGAS AKHIR 47
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN 48
5.1 UMUM 48
5.2 TAHAPAN INFORMASI (*INFORMATION PHASE*) 48
5.3 TAHAP KREATIF (*CREATIVE PHASE*) 54
5.4 TAHAP PERTIMBANGAN (*JUDGMENT PHASE*) 55
5.4.1 Analisis keuntungan dan Kerugian 56

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.4.2 Analisa Tingkat Kelayakan 58
5.5 TAHAP PENGEMBANGAN (*DEVELOPMENT PHASE*) 61
5.5.1 Desain Pondasi Bor (*Bored Pile*) 61
5.5.2 Perhitungan Anggaran Biaya Pondasi Bor 78
5.6 TAHAP REKOMENDASI (*RECOMENDATION PHASE*) 80
5.7 PEMBAHASAN 82
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 85
6.1 KESIMPULAN 85
6.2 SARAN 85
DAFTAR PUSTAKA 86
LAMPIRAN 88

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya 10
Tabel 3. 1 Identifikasi fungsi 21
Tabel 4. 1 *Cost Breakdown* Pekerjaan 40
Tabel 4. 2 Analisa Fungsi Pekerjaan 40
Tabel 4. 3 Ide-ide Kreatif Alternatif Desain 41
Tabel 4. 4 Analisis Keuntungan dan Kerugian 42
Tabel 4. 5 Tahap Pengembangan Dan Tahap Rekomendasi 43
Tabel 4. 6 Rencana Jadwal pelaksanaan penelitian. 47
Tabel 5. 1 Data Proyek Gedung Rumah Ssakit UII 49
Tabel 5. 2 *Breakdown* Pekerjaan Struktur Gedung Rumah Sakit UII 52
Tabel 5. 3 Ide-ide Kreatif Alternatif Desain Pondasi 55
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Hasil Kuisioner Analisis Keuntungan dan Kerugian 56
Tabel 5. 5 Analisis Keuntungan dan Kerugian 58
Tabel 5. 6 Hasil Penilaian Kelayakan 59
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Analisis Tingkat Kelayakan 60
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Penilaian Parameter Berdasarkan Urutan Pentingnya 60
Tabel 5. 9 Rekap Daya Dukung Pondasi Bored Pile 65
Tabel 5. 10 Tekanan Tanah Pasif Efektif 66
Tabel 5. 11 Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah Pasif Efektif 67
Tabel 5. 12 Perhitungan Bending Momen Diagram 68
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Ijin Kelompok Tiang 70
Tabel 5. 14 Beban Vertikal dan Momen 71
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Pembesian Pondasi Bored Pile 78
Tabel 5. 16 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 800 mm 79
Tabel 5. 17 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 700 mm 79
Tabel 5. 18 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 600 mm 80
Tabel 5. 19 Tahap Pengembangan dan Tahap Rekomendasi 81
Tabel 5. 20 Hasil Desain Pondasi Bor (Bored Pile) 82

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Biaya Pada Pengerjaan Pondasi Diameter 700 mm 84

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia 5
Gambar 3.1 Ilustrasi dan Nilai Efisiensi Kelompok Tiang 37
Gambar 4. 1 *Flow Chart* Penelitian 44
Gambar 4. 2 *Flow Chart* Tahap Pertimbangan (A) 45
Gambar 4. 3 *Flow Chart* Tahap Pengembangan (B) 46
Gambar 5. 1 *Cost Model* Pembangunan Gedung Rumah Sakit UII 51
Gambar 5. 2 Diagram Analisa Fungsi FAST Pada Pondasi 53
Gambar 5. 3 Diagram Tekanan Tanah Pasif 66
Gambar 5. 4 Penulangan Pembesian Pondasi Bor Diameter 600 mm 73
Gambar 5. 5 Penulangan Pembesian Pondasi Bor Diameter 700 mm 74

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

ABSTRAK

Biaya yang dibutuhkan untuk proses pembangunan gedung cukup beraneka ragam tergantung pada fungsi bangunan contohnya pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia yang berlokasi di Bantul. Dengan biaya yang terbatas dan hasil yang maksimal, tidaklah mudah. Dengan kondisi yang demikian, maka perlunya program efisensi terhadap penggunaan biaya proyek agar tercapainya penggunaan biaya yang tepat dan maksimal. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah yang dapat disimpulkan diantaranya adalah pelaksanaan proyek konstruksi perlu adanya alternatif-alternatif untuk mencapai tujuan proyek sesuai dengan sasaran mutu yang direncanakan dan terbatasnya dana pelaksanaan dalam proyek konstruksi yang mewajibkan untuk menghasilkan pekerjaan yang tepat dan maksimal dalam proyek kontruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan atau memperoleh pemilihan alternatif desain dari dimensi pondasi bor yang efisien dan untuk mendapatkan atau memperoleh pekerjaan yang maksimal dan tepat dalam proyek konstruksi dengan mengeluarkan dana yang ekonomis.

Dengan biaya yang terbatas dan hasil yang maksimal, tidaklah mudah. Dengan kondisi rumusan dan tujuan yang demikian, maka perlunya program efisensi terhadap penggunaan biaya proyek agar tercapainya penggunaan biaya yang tepat dan maksimal. Salah satu metode alternatif dalam upaya untuk penghematan anggaran biaya adalah dengan menerapkan *value engineering* (rekayasa nilai) dalam perencanaan proyek konstruksi. Tahapan yang dilakukan dalam proses metode *value engineering* diantaranya, tahap informasi, tahap kreatif, tahap pertimbangan, dan tahap rekomendasi.

Pemilihan alternatif desain pondasi pada pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan metode *value engineering* (rekayasa nilai) diperoleh alternatif desain terbaik yang diusulkan adalah pondasi bor (*bored pile*). Desain alternatif ini didapat biaya konstruksi atau biaya pelaksanaan yang lebih ekonomis dengan anggaran biaya sebesar Rp. 1.973.227.333,41 sehingga didapat penghematan biaya sebesar Rp. 22.763.852,85 atau 1,14%.

Kata kunci: Pondasi Dalam, Pondasi Bor,Rekayasa Nilai, *Value Engineering*, Biaya.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

ABSTRACT

The cost required for the building process is quite diverse depending on the function of the building, for example in the construction project of the Islamic University of Indonesia Hospital that located in Bantul. With limited costs and maximum results, it is not easy. An efficient program is needed to use for the project cost in order to achieve the proper and maximum cost utilization. Based on the existing background, conclude that the formulation of the problem is the implementation of construction projects need alternatives to achieve the project objectives in accordance with the planned quality objectives and limited implementation funds in the construction projects that require to produce the right and maximum work in the construction project. The purpose of this research is to obtain alternative design choices from the efficient dimensions of the drill foundation and to obtain the maximum and proper job in the construction project by issuing economical funds.

With limited costs and maximum results, it is not easy. With such formulation conditions and objectives, the need for an efficient program against the use of project costs in order to achieve the proper and maximum cost utilization. One of the alternative methods in an effort to save budget is to apply value engineering in construction project planning. Phase performed in the process of value engineering methods such as information phase, creative phase, consideration phase, and recommendation phase.

The alternative choice of foundation design on the construction of Islamic University of Indonesia Hospital with the value engineering method that obtained the best design alternative proposed is bored pile. This alternative design obtained construction costs or implementation costs are more economies with a budget cost of Rp. 1,973,227,333,41 to obtain saving cost of Rp. 22,763,852.85 or 1.14%.

Keywords: Inner Foundation, Drilling Foundation, Value Engineering, Value Engineering, Cost.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat stiap tahunnya, tetapi kondisi perekonomian mengalami krisis berkepanjangan diberbagai sektor, maka perlu adanya upaya untuk keluar dari keadaan ini. Upaya-upaya pembangunan terus dilakukan disegala bidang, mulai bidang ekonomi, bidang pendidikan, bidang industri, bidang konstruksi, dan bidang kesehatan demi menunjang perekonomian suatu negara.

Pembangunan pada bidang pendidikan diyakini menjadi kunci utama dalam upaya keluar dari kondisi perekonomian negara yang semakin menurun. Menurunnya tingkat sumber daya manusia juga dipengaruhi tingkat kesehatan pada manusia itu sendiri. Jika kesehatan pada manusia tersebut menurun, mengakibatkan menurunnya tingkat kesejahteraan manusia tersebut. Tuntutan mutu kesehatan yang tinggi untuk generasi yang sehat dan sejahtera maka diperlukannya peningkatan sarana dan prasarana guna menunjang kesehatan rakyat suatau negara tersebut.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Daerah Istimewa Yogyakarta yang dikenal sebagai kota pelajar dan kota pariwisata ini sudah memiliki sarana dan prasaran kesehatan yang cukup banyak, akan tetapi penyaluran sarana dan prasarana kesehatan masih belum merata, dapat ditemukan di daerah-daerah terpencil kota yogyakarta masih ada yang belum memiliki sarana dan prasarana demi menunjang kesehatan masyarakat tersebut. Jika adapun jarak akses yang mereka tempuh cukup jauh untuk mencapai layanan kesehatan. Maka dari itu, Universitas Islam Indonesia atau disingkat dengan UII yang termasuk salah satu universitas swasta yang berada di Yogyakarta dan memiliki jurusan kedokteran telah memberikan sarana dan prasarana demi menunjang kesehatan di daerah Yogyakarta, tepatnya di daerah Bantul, UII telah mendirikan rumah sakit yang bernama Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Lokasi rumah sakit ini berada dijalan Srandakan km 5,5, Dusun Pandak,

Kelurahan Wijirejo, Kecamatan Pandak, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pembangunan rumah sakit yang dilakukan oleh pihak UII bertujuan pemerataan sarana dan prasarana dalam bidang kesehatan di daerah Yogyakarta demi meningkatkan sumber daya manusia dan kesejahteraan masyarakat Bantul. Pelaksanaan pembangunan tersebut membutuhkan sumber daya yang besar , sedangkan sumber daya yang dimiliki terbatas.

Pembangunan dengan biaya yang terbatas dengan hasil yang maksimal, tidaklah mudah. Dengan kondisi yang demikian, maka perlunya program efisensi terhadap penggunaan biaya proyek agar tercapainya penggunaan biaya yang tepat dan maksimal atau disebut dengan istilah penghematan biaya proyek. Dalam usaha penghematan biaya proyek, para pelaku jasa konstruksi atau kontraktor melakukan suatu program alternatif. Salah satu metode alternatif dalam upaya untuk penghematan anggaran biaya adalah dengan menerapkan *value engineering* (rekayasa nilai) dalam perencanaan proyek konstruksi.

Didalam suatu proyek konstruksi terdapat beberapa item pengerjaan, misalnya pengerjaan struktur atas yang meliputi plat, kolom dan balok, serta pengerjaan struktur bawah yang meliputi pondasi. Untuk pengerjaan yang memiliki nialai biaya tinggi terdapat pada pekerjaan pondasi. Pekerjaan pondasi merupakan pekerjaan yang memiliki potensi untuk dilakukannya penghematan dengan menggunakan metode rekayasa nilai. Struktur pondasi rencana awal yang digunakan pada pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia ini adalah pondasi bor atau disebut dengan pondasi *bore pile*. Biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan pondasi ini sebesar Rp. 5.961.590.066,24 dari total anggaran keseluruhan pekerjaan struktur sebesar Rp. 36.539.961.424,85. Biaya struktur pondasi bor yang cukup tinggi dengan 16,315 % dari total biaya pekerjaan struktur mempunyai potensi dilakukannya penghematan dengan metode *value engineering*.

Penerapan metode *value engineering* dilakukan identifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi dengan harga atau biaya terendah. Struktur pondasi merupakan elemen struktur dengan fungsi menerima dan

meneruskan beban seluruh bangunan ke tanah. Elemen struktur pondasi memiliki banyak alternatif pilihan jenis pondasi dalam, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi sumuran, dan pondasi bor atau *bore pile*.

Penelitia ini, *value engineering* akan diterapkan pada dimensi struktur pondasi proyek pembangunan Rumah Sakit di Bantul, tepatnya Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia untuk efisiensi biaya pembangunan proyek tersebut.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah yang dapat disimpulkan diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Pelaksanaan proyek konstruksi perlu adanya alternatif-alternatif untuk mencapai tujuan proyek sesuai dengan sasaran mutu yang direncanakan.
2. Terbatasnya dana pelaksanaan dalam proyek konstruksi yang mewajibkan untuk menghasilkan pekerjaan yang tepat dan maksimal dalam proyek kontruksi.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Untuk mendapatkan atau memperoleh pemilihan alternatif desain dari dimensi pondasi bor yang efisien.
2. Untuk mendapatkan atau memperoleh pekerjaan yang maksimal dan tepat dalam proyek konstruksi dengan mengeluarkan dana yang ekonomis.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Maanfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mendapatkan pemilihan dimensi desain pondasi yang efektif, efisien dan ekonomis,
2. memberi pemahaman terhadap penerapan metoda rekayasa nilai pada proyek konstruksi, dan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3. sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi para pembaca serta menambah wawasan dan pengetahuan yang bermanfaat dalam perencanaan proyek konstruksi pada desain pondasi.

1.5 BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil optimal sesuai dengan maksud dan tujuan yang telah ditetapkan, maka diambil batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. penelitan dilakukan pada proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia,
2. rekayasa nilai (*value engineering*) dilakukan pada tahap perencanaan,
3. rekayasa nilai (*value engineering*) hanya dilakukan pada struktur pondasi F2 tanpa memperhitungkan struktur lainnya,
4. data penyelidikan tanah yang digunakan merupakan data hasil uji sondir yang dikeluarkan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia,
5. dimensi pondasi bor yang digunakan berdiameter 70 cm dan 60 cm,
6. pembebanan pondasi pada gedung menggunakan data yang telah ada (dapat dilihat pada Lampiran 2),
7. perhitungan nilai efisiensi biaya hanya pada perhitungan *direct cost* (biaya material, upah tenaga, dan alat), dan
8. perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang bor menggunakan program *microsoft excel*.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1.6 LOKASI STUDI

Lokasi studi dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1** berikut ini.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia
(Sumber : Google Maps, 7 Desember pukul 10.07)

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Uang merupakan sumber daya atau material utama dalam pelaksanaan pembangunan. Material ini dapat menyebabkan permasalahan yang vatal jika tidak dipergunakan secara teliti atau secara hati-hati. *Value engineering* bukanlah metode untuk penghematan semata, tetapi *value engineering* juga termasuk alternatif untuk menentukan metode-metode dalam pelaksanaan proyek yang dapat menekankan suatu pengeluaran dana atau penggunaan dana proyek menjadi optimal dengan memberikan pilihan-pilihan alternatif desain yang meningkatkan kualitas dan performansi tanpa mengubah fungsi yang ada. Hasil yang diperoleh dari menggunakan metode ini dapat berupa alternatif dalam penggunaan material bahan atau alternatif dari penggunaan desain baru dengan pertimbangan nilai (*value*) yang lebih tepat.

2.2 TINJAUAN PENELITIAN

Adapun penelitian terdahulu yang menjelaskan tentang penggunaan metode *value engineering* diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Tadjuddin (1994)

   Penerapan rekayasa nilai dalam desain konstruksi merupakan salah satu upaya untuk menekan biaya desain ulang, biaya penjadwalan, serta biaya yang tidak perlu. Dalam penelitian yang berjudul "PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA JEMBATAN KAMPUS TERPADU UII YOGYAKARTA" menghasilkan desain alternatif jembatan yaitu tipe rangka baja dan tipe balok baja.

   Hasil dari analisa kedua tipe tesebut menghasilkan penghematan. Untuk tipe rangka baja, menghemat pada biaya awal, sedangkan tipe balok box baja menghemat pada biaya pemeliharaan. Namun secara keseluruhan, setelah dianalisis terhadap biaya siklus hidup selama 30 tahun, tipe rangka baja lebih hemat dibandingkan dengan tipe balok box baja (TADJUDDIN, 1994).

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2. Affandi (2003)

   Dalam penelitian yang berjudul "OPTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN GEDUNG", dengan studi kasus pada pembangunan Masjid Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, peneliti menerapkan metode *value engineering* pada pekerjaan balok kayu bekisting pada pelat atap dan pelat lantai dari kayu kruing kelas 1 menjadi kayu meranti dengan kuat kelas 2.

   Dari analisis alternatif yang diberikan tersebut ternyata dapat menghasilkan penghemat sebesar Rp. 139.747.987,20 dari biaya awal proyek (AFFANDI, 2003).

3. O.K.Mhd.Rizky Pranajaya (2007)

   Dalam penelitian dengan judul "APLIKASI *VALUE ENGINEERING* PADA PEKERJAAN ATAP" dengan studi kasus pada proyek Pembangunan Gedung Aula SD Kalam Kudus ini memakai rangka atap kuda-kuda baja ringan yang menggunakan rangka kuda-kuda dari Pryda sebagai orisinilnya. Selanjutnya dibandingkan dengan struktur kuda-kuda beton, rangka baja WF dan kayu kampas sebagai material alternatifnya. Ditemukan pemenang satu yang menemukan penhematan biaya sebesar Rp. 23.643.996 yang menggunakan biaya sebesar Rp. 39.600.364 dari biaya desain awal (rangka atap Pryda) sebesar Rp. 63.244.330 sehingga terjadi prosentase penghematan sebesar 37,39 %. Maka dapat disimpulkan bahwa proses *value engineering* yang dilakukan berhasil menemukan penghematan biaya proyek. Sehingga biaya proyek tersebut lebih efisien dan ekonomis. (O.K.MHD.RIZKY.P., 2007).

4. Alinapiah (2007)

   Pada penelitian oleh Alinapiah (2007) dengan judul (APLIKASI REKAYASA NILAI PADA PONDASI BANGUNAN AIR PASA TRADISIONAL RUMBAI KOTA PEKANBARU", penerapan rekayasa nilai dilakukan pada kasus pekerjaan pondasi pasar tradisional Rumbai yang menggunakan pondasi dalam jenis *bored pile* dengan ukuran diameter 30 cm dan 50 cm dengan alternatif desain pondasi *mini franki pile.*

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Penerapan rekayasa nilai pada kasus pondsi pasa tradisional Rumbai dimulai dari tahap informasi, tahap kreatif, tahap penilaian, tahap pengembangan, dan tahap presentasi atau gabungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pondasi *mini franki pile* yang diusulkan mempunyai harga total yang lebih kompetitif sehingga harga lebih murah dibandingkan dengan pondasi desain awal yaitu pondasi *bore pile*. Besarnya biaya penghemat yang didapat sebesar Rp. 146.743.747,96 untuk siklus 25 tahun dan Rp. 22.701.847,63 untuk penghematan tahunan (ALINAPIAH, 2007).

5. Vandie Abma (2015)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Vendie Abma (2015) yang berjudul "*VALUE ENGINEERING* (REKAYASA NILAI) PADA PEKERJAAN STRUKTUR PONDASI BANGUNAN GEDUNG" dengan studi kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia. Metoda pengumpulan data yang digunakan adalah: wawancara (*interview*) untuk mendapatkan data informasi proyek, pengumpulan kuisioner untuk memperoleh data penilaian kriteria yang nantinya digunakan untuk analisis keuntungan dan kerugian, analisis tingkat kelayakan, dan analisis matrik. Selain itu juga data yang didapat lansung dari Tim Perencana pembangunan gedung F.MIPA berupa data teknis desain pondasi untuk analisis teknik desain pondasi.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan melalui tahapan kerja *value engineering* (rekayasa nilai) dari tahapinformasi, tahap kreatif, tahap pertimbangan, tahap pengembangan, dan tahaprekomendasi serta melalui analisis, keuntungan dan kerugian, analisis tingkat kelayakan dan analisis matrik amaka pemilihan alternatif desain pondasi pada pembangunan gedung kuliah Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia dengan metoda *value engineering* (rekayasa nilai) didapat alternatif desain terbaikyang diusulkan yaitu pondasi telapak menerus (*continuous footing*). Desain alternatif yang diusulkan diperoleh biaya konstruksi yang lebih ekonomis dengan anggaran

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

biaya Rp. 1.168.980.688,89 sehingga terdapat penghematan biaya sebesar 23,6757 % atau Rp. 362.615.591,05 (ABMA, 2015).

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

2.3 PERBEDAAAN PENELITIAN

Dari hasil penelitian-penelitian terdahulu dapat disimpulkan, bahwa *value engineering* adalah salah satu metode untuk melakukan penghematan didalam suatu proyek. Penghematan yang dimaksud bukan hanya pada persoalan biaya, akan tetapi *value engineering* (rekayasa nilai) juga digunakan untuk menganalisa serta membandingkan penggunaan material dan bahan utama struktur bangunan, atau dalam menentukan penggunaan alternatif desain sehingga ditemukan alternatif yang lebih hemat dan ekonomis tetapi tetap memenuhi fungsi dan spesifikasi yang telah ditentukan.

Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya

No	PPENULIS	TAHUN	JUDUL	LOKASI	SUBYEK	HASIL
1	Tadjuddin	1994	PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA JEMBATAN KAMPUS TERPADU UII YOGYAKARTA	Jembatan Kampus Terpadu UII Yogyakarta	Struktur Jembatan	Hasil analisis alternatif yang diberikan untuk tipe rangka box baja menghemat pada biaya pemeliharaan. Namun secara keseluruhan, setelah dianalisis terhadap biaya siklus hidup selama 30 tahun, tipe rangka baja lebih hemat dibandingkan dengan tipe balok box baja

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 2.1 Lanjutan Perbedaan Penelitian Sebelumnya

No	PPENULIS	TAHUN	JUDUL	LOKASI	SUBYEK	HASIL
2	Affandi	2003	OPTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN GEDUNG	Masjid Kampus Terpadu UMY Yogyakarta	Balok Kayu Bekisting Pelat	Hasil analisis alternatif yang diberikan dari kayu kruing kelas 1 menjadi kayu meranti dengan kelas 2 ternyata dapat menghasilkan penghematan sebesar Rp. 139.747.987,20 dari biaya awal proyek.
3	O.K.Mhd.Rizky Pranajaya	2007	APLIKASI *VALUE ENGINEERING* PADA PEKERJAAN ATAP	Gedung Aula SD Kalam Kudus	Struktur Kuda-kuda	Hasil analisis didapat penghematan sebesar Rp. 23.643.966 yang menggunakan biaya sebesar Rp. 39.600.364 dari biaya awal (rangka atap Pryda) sebesar Rp. 63.244.330 sehingga terjadi persentase penghematan biaya 37,39 %.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 2.1 Lanjutan Perbedaan Penelitian Sebelumnya

No	PPENULIS	TAHUN	JUDUL	LOKASI	SUBYEK	HASIL
4	Alinapiah	2007	APLIKASI REKAYASA NILAI PADA PONDASI BANGUNAN PASAR TRADISIONAL RUMBAI KOTA PEKANBARU	Pasar Tradisional Rumbai Kota Pekanbaru	Struktur Pondasi Dalam	Hasil analisis menunjukan bahwa pondasi *mini franki pile* yang diusulkan mempunyai harga total yang lebih kompetitif sehingga harga lebih murah dibandingkan dengan desain pondasi awal yaitu pondasi *bore pile*.
5	Vendie Abma	2015	*VALUE ENGINEERING* (REKAYASA NILAI) PEKERJAAN PONDASI BANGUNAN GEDUNG KULIAH MIPA UII YOGYAKARTA	Gedung kuliah MIPA UII Yogyakarta	Struktur Pondasi Dangkal	Hasil analisis didapat bahwa desain alternatif yang diusulkan diperoleh biaya konstruksi yang lebih ekonomis dengan anggaran biaya Rp. 1.168.980.688,89 sehingga terdapat penghematan biaya sebesar 23,6757 % atau Rp. 362.615.591,05.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 2.1 Lanjutan Perbedaan Penelitian Sebelumnya

No	PPENULIS	TAHUN	JUDUL	LOKASI	SUBYEK	HASIL
6	Penulis	2017	*VALUE ENGINEERING* (REKAYASA NILAI) PEKERJAAN PONDASI BANGUNAN GEDUNG RUMAH SAKIT UII YOGYAKARTA	Gedung Rumah Sakit UII Yogyakarta	Struktur Pondasi Dalam	Hasil analisis didapat alternatif disain pada dimensi pondasi di proyek pembangunan gedung Rumah Sakit UII Yogyakarta

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Menurut Larry. W. Zimmerman P.E dan Glen. D. Hart (1982), ”*Value engineering is a proven management technique using a systematized approach to seek out the best function balance between the coast., realibility, and performance of a product or project. The program seeks to improve the management capability of people and to promote progessive changed by identifying and removing unnecessary coast*”. Dimana *value engineering* adalah teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi terbaik antara biaya, kinerja, dan daya guna dari suatu produk atau proyek.

Uang adalah elemen yang paling strategis, pemegang peran yang sangat penting dalam usaha jasa konstruksi. *Value engineering* adalah suatu cara yang digunakan untuk mengontrol pengeluaran dana dengan pengoptimalan fungsi dan kinerja dalam suatu proyek tetapi tetap sesuai dengan yang telah ditetapkan. Cara ini merupakan cara yang digunakan untuk bertujuan memperbaiki kemampuan manajemen dan peningkatan dengan mengidentifikasi serta mengurangi biaya yang tidak di perlukan dalam pelaksanaan. Cara *value engineering* merupakan cara pengoptimalan kualitas ataupun kuantitas dengan pemilihan alternatif desain ataupun material yang memiliki tujuan untuk mewujudkan proyek konstruksi dengan biaya yang ekonomis, dengan metode yang lebih mudah saat pelaksanaan dan dengan waktu pelaksanaan yang singkat.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.2 *VALUE ENGINEERING* (REKAYASA NILAI)

3.2.1 Definisi *Value Engineering* (Rekayasa Nilai)

Beberapa kutipan yang menjelaskan tentang *value engineering* (Rekayasa Nilai) dari beberapa literatur didapat sebagai berikut ini.

1. Larry W. Zimmerman dan Glen D. Hard (1982)

   ”*Value engineering is a proven management technique using a systematized approach to seek out the best functional balance between the coast, reliability, and performance of a product or project. The program seeks to improve the*

management capability of people and to promote progressive change by identifying and removing unneccessary coast".

Berdasarkan kutipan diatas, dijelaskan bahwa *value engineering* adalah teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi antara biaya, kinerja, dan daya guna dari suatu produk atau proyek.

2. Lawrance D. Miles seperti dikemukakan oleh Alinapiah (2002)

   "*It's an Organized creative approach that has for it's purpose the efficient identification of unnecessary cost, i.e, cost that provides quality nor use nor life nor appearance nor customer features*".

   Berdasarkan kutipan diatas, dijelaskan bahwa *value engineering* merupakan suatu pendekatan kreatif yang telah terorganisasi yang bertujuan untuk mengidentifikasikan biaya yang tidak diperlukan atau biaya itu tidak memberikan kualitas maupun guna, serta mengurangi penampilan yang tidak diinginkan konsumen.

3. S. Chandra (1986)

   Value engineering program adalah *Proven Management Technique* yang menggunakan *systematic approach* dan usaha yang terorganisir yang diarahkan untuk menganalisa fungsi dari suatu item atau sistem dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang diperlukan itu dengan biaya yang seringan-ringannya, konsisten dengan ketentuan untuk penampilan, realibilitas, kualitas, dan pemeliharaan dari proyek tersebut. *Value engineering program* dapat mengurangi biaya proyek dengan jalan mengurangi biaya-biaya yang tidak diperlukan yang berhubungan dengan masalah teknik.

   Dari berbagai kutipan yang ada diatas dapat diambil kesimpulan bahwa *value engineering* merupakan suatu program analisis dengan melakukan pendekatan yang sistematis dan kreatif yang terorganisir dengan berorientasi pada fungsi atau yang memiliki kegunaan untuk mendapatkan keseimbangan terbaik antara biaya, kinerja dan daya guna suatu produk.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lebih jelasnya dari pemahaman *value engineering* seperti yang telah dikutip dari Larry W. Zimmerman dan Glen D. Heart (1982:4) adalah sebagai berikut ini.

1. *System Oriented – a formal job plan to identify and remove unncessary cost,*
2. *Multidisciplined Team Approach-teams of experienced designers and VE consultant,*
3. *Life Cycle Oriented-excammines the total coast of owning and operation a facility,*
4. *A Proven Management Technique,*
5. *Function Oriented-Relates function required to the value received.*

Akan tetapi arti dari *Value Engineering* bukanlah yang dijelaskan sebagai berikut ini.

1. *Design Riview_it's not intended to correct ammisions made in design, nor to review calculations made by designer,*
2. *A Cheaping Process-it does not cut coast by sacrifing neede realibility and preformance,*
3. *A Requirement Done All Design_it is not a part of every designer's scheduled review, but a formal cost and function analysis,*
4. *Quality Control-it does more than review fail-safe reliability status of plant or product design.*

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Seperti pada kutipan yang ada diatas dalam Rumintang (2008) telah dibahas sebagai berikut:

1. *an oriented system,* yaitu suatu teknik yang menggunakan tahapan dalam Rencana Tugas (*Job Plan*) untuk mengidentifikasi dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan.
2. *multidisciplined team approach,* yaitu suatu teknik penghematan biaya produksi yang melibatkan seluruh tim yang berkepentingan dalam proyek, yakni pemilik, perencana, para ahli yang berpengalaman dibidangnya masing-masing dan konsultan *value engineering* (*VE*). Jadi pekerjaan *VE* adalah sebuah kerja tim yang saling terkait, bukan usaha perorangan.

3. *a proven management technique,* yaitu suatu teknik penghematan biaya yang telah terbukti dan terjamin mampu mengarahkan berbagai produk yang bermutu dan relatif rendah pembiayaannya.
4. *an function oriented,* yaitu suatu teknik yang berorientasi pada fungsi-fungsi yang diperlukan pada setiap item maupun sistem yang ditinjau untuk menghasilkan nilai produk yang dikehendaki.
5. *life cycle cost oriented,* yaitu suatu teknik yang berorientasi pada biaya total yang diperlukan selama proses produksi serta optimasi pengoprasian segala fasilitas pendukungnya.

Akan tetapi arti dari *Value Engineering* bukanlah yang dimaksud sebagai berikut:

1. koreksi desain, *value engineering* tidak dimaksud mengoreksi kekurangan dalam desain, juga tidak bermaksud mengoreksi perhitungan yang dibuat oleh perencana.
2. proses membuat murah, *value engineering* tidak mengurangi atau memotong biaya dengan mengorbankan keadaan dan performa yang diperlukan.
3. sebuah keperluan yang dilakukan pada seluruh desain, *value engineering* bukan merupakan bagian dari jadwal peninjauan kembali dari rencana, tetapi merupakan analisa biaya dan fungsi.
4. kontrol kualitas, *value engineering* lebih dari sekedar peninjau kembali.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.2.2 Tujuan *Value Engineering*

Siregar dan Samadhi (1987) menyatakan, tujuan *value engineering* adalah membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan tidak diperlukan dimana dapat dikembangkan alternatif yang memenuhi keperluan (dan meninggalkan yang tidak perlu) dengan biaya terendah tetapi kinerjanya tetap sama atau bahkan lebih baik. Diharapkan dari penerapan teknik rekayasa nilai tersebut diperoleh penghematan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. penghematan biaya,
2. penghematan waktu, dan
3. penghematan bahan.

3.2.3 Nilai (*Value*)

Nilai dan biaya dapat diartikan dari perbedaan karena hal-hal sebagai berikut:

1. ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaannya sedangkan dengan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut,
2. ukuran nilai condong kearah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada angka (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut.

(Sumber: Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional, Imam Soeharto, 1995)

Nilai dapat ditingkatkan dengan cara sebagai berikut:

1. meningkatkan fungsi atau faedah dengan tidak menambah biaya,
2. mengurangi biaya dengan mempertahankan fungsi atau faedah, dan
3. kombinasi 1 dan 2.

Pengertian dari nilai dapat kita bedakan menjadi dua yang diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Nilai bagi pemakai produk (konsumen).
2. Nilai bagi pembuat produk (produsen).

Nilai bagi konsumen adalah ukuran sampai sejauh mana pemakai telah bersedia mengorbankan sesuatu untuk memiliki suatu produk. Sedangkan nilai bagi prosdusen adalah untuk menunjukan pengorbanan produsen dalam menawarkan produk kepada konsumennya.

Pengertian dari nilai masih dapat dibedakan lagi menjadi 4 yang diantaranya adalah sebagai berikut:

1. nilai kegunaan adalah menyatakan tingkat kegunaan dan pelayanan yang dapat diberikan oleh suatu produk.
2. nilai *prestise* adalah nilai yang mengaitkan suatu produk dengan *image* yang menyebabkan daya tarik untuk memilikinya.
3. nilai tukar adalah merupakan ukuran pengorbanan finansial yang diberikan konsumen untuk dapat memiliki suatu produk.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4. nilai biaya adalah merupakan hasil penjumlahan dari biaya-biaya seperti bahan, tenaga, biaya tak lansung, dan biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat produk tersebut.

(Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi, 1987)

3.2.4 Biaya

Biaya adalah jumlah usaha dan pengeluaran yang telah dilakukan dalam memproduksi produk. Analisa dari biaya untuk *value engineering* digunakan sebagai tolak ukur terhadap fakta-fakta yang telah ada. Analisa dari biaya sangatlah penting karena *value engineering* bertujuan untuk mengetahui hubungan dari fungsi yang sesungguhnya terhadap biaya yang akan diperlukan dan memberikan cara pengambilan keputusan yang mengenai usaha-usaha yang akan diperlukan selanjutnya.

Menurut Ervianto (2002), biaya konstruksi dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu biaya lansung dan biaya tidak lansung yang dapat kita lihat sebagai berikut:

1. biaya lansung adalah biaya yang berhubungan lansung dengan konstruksi yang didapat dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan tersebut. Biaya lansung dapat dibedakan menjadi dua, diantaranya adalah sebagai berikut ini.
   a. Biaya bahan bangunan atau biaya material.

      Biaya material adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembelian material dan biaya pemindahannya ke lokasi pekerjaan seperti bongkar, muat, pengangkutan dan penyimpanan material.
   b. Biaya tenaga kerja atau upah.

      Secara umu pasaran upah tenaga kerja dipengaruhi oleh dua hal utama, yaitu indeks biaya hidup dan kehidupan. Dalam perhitungan baiya tenaga kerja, ada dua faktor utama yang perlu diperatikan. Yang pertama adalah uang atau harga yang berkaitan dengan upah per-hari atau per-jam, tunjangan, pajak, dan premi upah. Faktor yang kedua adalah produktivitas pekerjaan (per-jam atau per-hari).

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

c. Biaya peralatan.

Peralatan pada suatu proyek konstruksi meliputi berbagai jenis alat ringan dan alat berat atau mesi. Biaya yang dibutuhkan oleh alat berat jauh lebuh besar dibandingkan dengan alat ringan. Penentuan biaya peralatan didasarkan pada biaya produksinya dari pemilikan alat, yaitu biaya yang dikeluarkan sebagai akibat memiliki atau menggunakan peralatan tersebut, baik selama beroperasi maupun non-operasi.

2. biaya tidak lansung merupakan biaya yang tidak secara lansung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak bisa dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya tidak lansung dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang diantaranya adalah sebagai berikut ini.
   a. Biaya *overhead* adalah biaya tambahan untuk menjalankan suatu usaha dilapangan. Biaya *overhead* juga merupakan pengeluaran proyek tetapi tidak termasuk dalam biaya material, upah maupun peralatan. Jumlah biaya *overhead* ini dapat mencapai 5%-15% dari biaya lansung, jumlah biaya tersebut tergantung dari macam pekerjaan dan kondisi lapangan.
   b. Biaya tak terduga, yaitu biaya untuk kejadian yang mungkin terjadi tanpa adanya rencana sebelumnya.
   c. Keuntungan merupakan hasil jerih payah keahlian ditambah hasil dari faktor resiko.

Biaya yang memiliki nilai besar (yang sering mengandung biaya tak perlu) diantara adalah sebagai berikut ini.

1. Material, secara singkat merupakan biaya yang akan dikeluarkan untuk membeli material, contohnya berupa kayu, besi baja, pasir, dan sebagainya, serta instrumen atau bagian-bagian lain yang siap dipakai.
2. Tenaga kerja merupakan biaya yang akan dikeluarkan untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi. Biaya dari tenaga kerja diperhitungkan dari waktu kerja.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3. *Overhead*, terdiri dari macam-macam elemen, seperti pembebanan terhadap operasi perusahaan misalnya pemasaran, kompensasi pemimpin, sewa kantor, termasuk pajak, asuransi dan administrasi.

3.2.5 Fungsi

Fungsi adalah suatu tujuan spesifik yang memiliki kegunaan yang dimaksud dengan sebuah sistem. Untuk mengidentifikasinya, L.D. Miles dalam Alinapiah (2007) menerangkan sebagai berikut ini.

1. Suatu sistem memiliki bermacam-macam fungsi yang dapat dibagi menjadi dua kategori diantaranya adalah sebagai berikut:
   a. fungsi dasar yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Misalnya kendaraan truk, fungsi pokoknya adalah sebagai alat pengangkut dan inilah yeng mendorong untuk membuatnya.
   b. fungsi kedua (*secondary function*) adalah kegunaan tidak lansung untuk memenuhi dan melengkapi fungsi dasar, tetapi diperlakukan untuk menunjangnya. Fungsi kedua seringkali menimbulkan hal-hal yang kurang menguntungkan.
2. Untuk mengidentifikasi fungsi dengan cara mudah adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda seperti pada Tabel 3.1 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 3. 1 Identifikasi fungsi

No	Nama Peralatan	Fungsi	
		Kata Kerja	Kata Benda
1	Truk	Mengangkut	Barang
2	Pompa	Mendorong	Air
3	Cangkul	Menggali	Tanah

(Sumber: Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional, Iman Soeharto, 1995)

Adapun hubungan diantara nilai, biaya dan fungsi yang dapat dijabarkan dengan menggunakan Persamaan 3.1 dan 3.2 berikut ini.

Bagi produsen : Nilai= $\frac{\text{Biaya}}{\text{Manfaat}}$ (3.1)

Bagi konsumen : Nilai= $\frac{\text{Manfaat}}{\text{Biaya}}$ (3.2)

Dari rumus yang ada diatas, maka nilai dapat ditingkatkan sebagai berikut:

1. Meningkatkan fungsi atau manfaat tanpa menambah biaya,
2. Mengurangi biaya dengan mempertahankan fungsi atau manfaat, dan
3. Kombinasi 1 dan 2.

Keuntungan dari pendekatan analisa fungsi ini terhadap rekayasa nilai adalah *functional Analysis System Technique* (FAST). FAST adalah suatu metoda untuk menganalisis, mengorganisir, dan mencatat fungsi dari suatu proses rumit dari suatu item agar dapat menjelaskan, menerangkan, dan menyederhanakan dalam bentuk bagian-bagian yang telah teridentifikasi.

Metoda analisa ini dikenalkan oleh Charles W. Bytheway, *Value Engineering and Cost Reduction Administrator for UNIVAC of Salt Lake City Utah*. Teknik ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 di Boston, Amerika Serikat (Zimmerman & Glen, 1982)

Metoda FAST mampu mengidentifikasi fungsional proses dan langkah, serta menutup fungsi dasarnya bersama menggunakan seperangkat lengkap pertanyaan logis. Fungsi pendukung yang lain disebut dengan fungsi sekunder yang akan mengikuti fungsi dasar. Fungsi sekunder pada sisi lain, subyektif secara alami (misalnya gaya penciptaan) dan merupakan persentase yang tinggi dari total biaya. Faktor lain dalam praktek FAST adalah dekomposisi, yang artinya mengurangi proyek desain menjadi proses dan sub-proses yang lebih kecil.

Aplikasi metoda ini diterapkan pada sebuah diagram yang akan digambarkan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan fungsi percontohan dari tinggi atau rendahnya urutan fungsi.

FAST merupakan alat bantu yang digunakan untuk menggambarkan secara grafik hubungan logik fungsi suatu elemen, subsistem, atau fasilitas. Diagram FAST dapat digambarkan berdasarkan dari jawaban-jawaban terhadap pertanyaan "Mengapa?" dan "Bagaimana?" untuk item yang akan diteliti. Diagram FAST paling sesuai digunakan untuk sitem yang secara kompleks untuk

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

menggambarkan secara jelas fungsi dasar dan fungsi sekunder suatu sistem tertentu.

3.2.6 Identifikasi Biaya Tinggi

Mengidentifikasi item yang memiliki potensi nilai rendah dan berbiaya tinggi adalah seni dalam pendekatan *value engineering* (rekayasa nilai) dan menjadi langkah awal sebelum melakukan penerapan *value engineering*. Untuk mengetahui biaya yang tidak diperlukan sangatlah sulit, beberapa teknik yang bisa digunakan diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. *Breakdown analysis* adalah sistem dan subsistem diranking menurut biaya persatuan dari yang tertinggi hingga terendah.
2. *Cost model* adalah mengidentifikasi penghematan biaya melalui perbandingan *basic cost* dan *actual cost*.
3. Analisa fungsi adalah mengidentifikasi fungsi yang tidak diperlukan, menganalisanya kedalam perbandingan *cost*/*worth* yang menunjukkan tingkat keberadaan biaya yang tidak diperlukan.
4. *Life cycle cost impact*.
5. Pendekatan lain, misalnya identifikasi biaya pendukung yang tinggi, item waktu pekerjaannya lama. Pilihan terhadap item yang akan dilakukan studi *value engineering* harus memperhatikan beberapa hal seperti berikut:
   a. Kemungkinan mengalami penghematan yang berarti.
   b. Ketersediaan waktu dan sumber daya,
   c. Kemungkinan mengalami pengembangan alternatif *life cycle cost* yang lebih rendah, dan
   d. Kemungkinan diimplementasikan.

3.2.7 Sebab-Sebab Timbulnya Biaya Yang Tidak Diperlukan

Ada beberapa sebab yang dapat mempengaruhi terjadinya biaya yang tidak diperlukan atau nilai kurang (*poor value*) muncul pada desain. Munculnya biaya yang tidak diperlukan atau nilai kurang, menurut Chandra (1986), pada umumnya disebabkan oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Kekurangan waktu.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2. Kekurangan informasi.
3. Kekurangan ide.
4. Keadaan sementara yang menjadi permanen.
5. *Missconception.*
6. Kekurangan biaya perencana.
7. Sikap.
8. Politik.
9. Kebiasaan.
10. Enggan mendapat saran.
11. Hubungan masyarakat yang kurang serasi.

3.2.8 Unsur-Unsur Utama *Value Engineering* (Rekayas Nilai)

Value engineering memiliki beberapa kemampuan yang bisa dipakai sebagai alat bagi *value analysis*. Kemampuan itu disebut dengan unsur-unsur utama dari *value engineering*, adapun menurut Rumintang (2008) unsur-unsur utama tersebut adalah sebagai berikut:

1. analisa fungsi (*function analysis*),
2. model pembiayaan (*cost model*),
3. biaya siklus hidup (*the life cycle costing*),
4. teknik sistem analisis fungsi (*function analysis system technique*),
5. rencana kerja *value engineering* (*value engineering job plan*),
6. berpikir kreatif (*creative thinking*),
7. biaya dan harga (*cost and worth*),
8. kebiasaan dan sikap (*human dynamic*), dan
9. keserasian hubungan antara pemberi tugas, konsultan perencana dan konsultan VE (*Value Engineering*).

Pada keadaan yang berbeda, *value* program dikenal juga dengan *value engineering*, *value analysis*, dan *value management*. Jika bekerja dibidang *value* maka ketiga istilah tersebut akan menerangkan aplikasi dari *value techniques* yang diantaranya adalah sebagai berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1. *Value Engineering* menjelaskan *value study* pada suatu proyek yang sedang dalam proses pengembangan. Menganalisa biaya dari proyek tersebut yang sedang dalam proses perencanaan.
2. *Value Analysis* menjelasakan *value study* pada suatu proyek yang berada dalam masa proses pembangunan atau dalam proses perencanaan, dan melakukan analisa untuk mengetahui apabila berada pada bagian yang bisa diperbaiki.
3. *Value Management* meneliti dan menetapkan *methodology* dan *techniques* yang akan dipakai apa pekerjaan *value*, akan tetapi tidak membedakan antara *engineering* dari suatu bangunan atau fasilitas dan analisa dari suatu *product*. *Value management* hanya digunakan pada penjelasan seluruh bidang *value*.

3.2.9 Waktu Mengaplikasikan *Value Engineering*

Value engineering dapat dilaksanakan pada 2 tahap, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. *Value enineering* pada tahap perencanaan. Pada tahap ini, Pemilik Proyek menetapkan tiga istilah yang diantaranya adalah sebagai berikut:
   a. tujuan (*goals*),
   b. keperluan-keperluan (*requirements*), dan
   c. kriteria-kriteria yang bersangkutan (*applicable criteria*).

Menurut Chandra (1986), *value engineering study* telah membuktikan bahwa perencanaan mempunyai pengaruh terbesar pda biaya dari suatu proyek. Demikian pemilik proyek yang menetapkan keperluan-keperluan dan kriteria mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap biaya proyek.

Oleh karena itu, *value engineering study* yang akan dilaksanakan pada tahap konsep perencanaan yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas dan menurunkan biaya. Pada tahapan ini, *value engineering study* dapat membantu Pemilik Proyek yang diantaranya adalah sebagai beikut:

a. menetapkan keperluan-keperluan yang sebenarnya dari proyek tersebut, dimana memerlukan pengertian yang lengkap terhadap fungsi utama yang akan ditampilkan pada proses perencanaan.
b. korrdinasi yang terpadu diantara *value engineering specialist*, Pemilik Proyek dan Perencana yang meneliti secara mendalam, menyeluruh dan menyatakan

dengan tegas bahwa kebenaran dari semua keperluan-keperluan dan menghilangkan kesimpang siuran.

2. *value engineering* pada tahap pelaksanaan (*construction stage*), pada tahap ini *vaue engineering* dibagi menjadi 2 jenis yang diantara adalah sebagai berikut:
   a. *value engineering incentive clause* adalah *value engineering* yang melakukannya dimulai dari awal hingga akhir pelaksanaan proyek.
   b. *value engineering requirements clause* adalah *value enigineering* yang melakukannya hanya pada tahap tertentu dari proses pelaksanaan proyek.

3.2.10 Rencana Kerja *Value Engineering* (Rekayasa Nilai)

Proses pelaksanaan *value engineering* mengikuti langkah yang telah tersusun secara sistematis yang biasa disebut dengan rencana kerja *value engineering* atau *value engineering job plan*. Terdapat beberapa pendapat tentang tahapan dari rencana kerja *value engineering*, menurut Larry. W. Zimmerman P. E. dan Glen. D. Hart (1982) yang telah tercantum juga dalam Rumintang (2008) terdapat 5 tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Tahap Informasi (*Information Phase*).

   Tahap informasi dalam Rekayasa Nilai adalah pondasi dasar disetiap penyelidikan nilai. Didalam tahapan ini, semua informasi yang penting dikumpulkan dan dipahami dengan seksama obyek yang akan diteliti. Tahapan ini meliputi langkah-langkah yang diantaranya adalah sebagai berikut:
   a. merumuskan masalah,
   b. mengumpulkan informasi dan fakta, dan
   c. mengenali obyek, mengkaji fungsi dan mencatat biaya.
2. Tahap Kreatif (*Creative Phase*).

   Tahapan ini dikembangkan dari gagasan-gagasan yang baru secara kreatif serta inovatif dalam menentukan alternatif-alternatif tanpa merubah fungsi dasarnya. Dalam tahapan ini, diharapkan munculnya ide-ide atau gagasan yang baru.
3. Tahap Pertimbangan (*Judgement Phase*).

   Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mendapatkan alternatif yang akan memberikan potensi penghematan paling tinggi dari ide alternatif yang telah didapat dari tahap kreatif. Pada tahapan ini termasuk tahapan saringan, dimana

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

pada tahap ini akan dilakukannya analisis utnuk mendapatkan alternatif yang nantinya dapat dikembangkan.

Proses analisis yang akan dilakukan pada tahapan ini memiliki hal-hal yang diantaranya adalah sebagai berikut:

a. analisa keuntungan dan kerugian, dan
b. analisa tingkat kelayakan.

4. Tahap Pengembangan (*Development Phase*).

   Biaya bukanlah satu-satunya kriteria yang sangat diperhatikan. Namun ada lagi beberapa yang harus diperhatikan dari kriteria lain, misalnya biaya yang digunakan untuk desain, waktu implementasi, performa, keselamatan, estetika dan lain sebagainya. Semua kriteria dan pembobotan ini akan memiliki perbedaandi setiap orang yang memiliki sudut pandangnya masing-masing. Selanjutnya dipilih satu alternatif yang terbaik setelah memiliki kelebihan paling banyak dari pada alternatif lainnya.

5. Tahap Rekomendasi (*Recommendation Phase*).

   Pada tahap ini merupakan proses mengajukan ide terbaik yang akan disulkan agar dapat diterima dan dilaksanakan untuk pemilik (*owner*). Rekomendasi bisa mengubah desain dan penghematan menjadi salah satu ukuran bahwa usulan tersebut dapat diterima. Dalam tahapan ini, rekomendasi disajikan dengan keistimewaan dan keunggulan konsep dari usulan desain baru yang bisa menjadi dasar alasan bagi pemilik untuk menerima perubahan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.3 RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya bangunan yang berdasarkan dari gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadika sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan nantinya.

Anggaran Biaya adalah harga dari bangunan yang akan dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan memiliki perbedaan di setiap daerah. Hal ini disebabkan karena harga bahan dan upah tenaga kerja. (H. Bachtiar Ibrahim. 1993).

Untuk mengihtung RAB, data yang diperlukan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. gambar rencana bangunan,
2. rencana kerja syarat (RKS),
3. volume dari setiap pekerjaan yang akan di laksanakan,
4. daftar harga setiap bangunan dan upah pekerja,
5. analisa BOW atau harga saruan pekerjaan, dan
6. metode pelaksanaan.

Adpun langkah-langkah dari perhitungan rencana anggaran biaya yang diantaranya adalah sebagai berikut:

1. menghitung volume pekerjaan,
2. menghitung analisa dari harga satuan,
3. menghitung RAB, dan
4. membuat rekapitulasi biaya,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.4 PONDASI

Dari semua sistem konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu diatas tanah harus didukung oleh suatu pondasi, pondasi adalah suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan berat sendiri dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1996).

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Data yang diperlukan demi menentukan jenis pondasi yang akan digunakan diantaranya adalah sebegai berikut:

1. susunan, tebal dan sifat dari lapisan tanah,
2. besar, macam dan sifat dari khusus bangunan,
3. peralatan yang telah tersedia,
4. beban yang harus di dukung, dan
5. biaya dan tenaga kerja serta lingkungan sekitar bangunan.

Selain data-data yang ada di atas, ada juga persyaratan lain yang harus diperhatikan dari perencanaan pondasi yang diantaranya adalah sebagai berikut:

1. tanah dasar harus mampu mendukung dari beban yang akan bekerja,
2. pondasi aman terhadap bahaya dari gaya guling dan gaya geser yang terjadi,
3. dapat menahan dari tekanan air yang bisa saja terjadi, dan

4. dapat menyesuaikan terhadap kemungkinannya terjadi pergerakan dari dalam tanah, diantaranya penyusutan tanah, tanah yang labil, atau gaya horizontal dari beban gempa bumi.

Adapun dari jenis-jenis pondasi sebagai berikut ini.

1. Pondasi dangkal.

   Pondasi dangkal merupakan sistem pondasi sedemikian rupa sehingga beban masih dapat ditahan dari lapisan tanah sehingga kedalaman tidak melebihi dari lebar pondasi atau $\frac{D}{B} \leq 1.$ Jenis-jenis pondasi yang termasuk dari jenis pondasi dangkal diantaranya sebagai berikut:

   a. Pondasi staal, dan
   b. Pondasi plat kaki.

2. Pondasi dalam.

   Pondasi dalam merupakan pondasi dimana bebannya sudah tidak sanggup untuk didukung oleh lapisan atas atau tanah. Hal ini disebabkan karena kondisi tanah atau daya dukung dari tanah tersebut sudah tidak mampu dan juga beban kolom yang demikian besar. Pondasi dalam umumnya terletak pada kedalaman ≥ 3 m. Adapun jenis pondasi yang termasuk dalam katagori pondasi dalam diantaranya sebagai berikut:

   a. pondasi tiang pancang,
   b. pondasi tiang bor (*bor pile*), dan
   c. pondasi sumuran.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.4.1 Jenis Dan Fungsi Pondasi Dalam

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan gedung, jembatan, dan bangunan lainnya. Fungsi dari pondasi adalah meneruskan beban konstruksi menuju lapisan tanah yang berada dibawah pondasi dan tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Adapun macam jenis pondasi dalam yang diantaranya sebagai berikut ini.

1. Pondasi tiang pancang, yaitu pada dasarnya sama dengan pondasi bor, hanya saja yang membedakan dari jenis ini adalah pada bahan dasarnya saja. Tiang pancang menggunakan beton jadi yang lansung ditancapkan lansung kedalam

tanah dengan menggunakan mesin pemancang. Dikarenakan bentuk pondasi tiang yang memiliki ujung runcung, maka tidak memerlukan pengeboran pada proses awalnya. Pondasi tiang pancang biasa dipergunakan untuk kondisi tanah yang lembek, tanah berawa, dengan kondisi daya dukung tanah yang kecil, kondisi air yang tinggi, tanah keras yang dalam dan kondisi lingkungan yang jauh dari rumah penduduk.

2. Pondasi sumuran, yaitu pondsi yang memiliki bentuk peralihan diantara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0,8 hingga 1,00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya.
3. Pondasi bor, yaitu bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah, pondasi ditempatkan di kedalaman yang telah sesuai dari perencanaan dengan cara membuat lobang yang telah di bor. Besar diameter dan kedalaman serta penulangan beton bertulang didesar berdasarkan daya dukung dari tanah tersebut dan beban yang akan dipikul. Fungsional pondasi ini hampir sama dengan pondasi pile yang mana juga ditujukan untuk menahan beban struktur melawan gaya angkat dan juga membantu struktur dalam melawan kekuatan gaya lateral dan gaya guling.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.4.2 Syarat-Syarat Perencanaan Pondasi Dalam

Untuk menentukan jenis pondasi mana yang akan kita pakai, kita harus mengetahui syarat-syarat berikut ini.

1. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi khususnya untuk pondasi telapak dan pondasi rakit.
2. Kedalaman harus berada dibawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan tanaman.
3. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat didalam tanah.

5. Sistem harus mampu beradaptasi terhadap beberapa perubahan geometri konstruksi atau lapangan selama proses pelaksanaan perlu dilakukan.
6. Metode pemasangan harus seekonomis mungkin.
7. Pergerakan tanah keseluruhan dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir dan elemen pondasi dan elemen bangunan atas.
8. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

3.4.3 Daya Dukung Pondasi

Pada konstruksi teknis, tanah harus mampu memikul beban yang diletakkan di atas tanah tersebut tanpa kegagalan geser dan penurunan (*settlement*) yang dapat ditolerir oleh konstruksi tersebut (Bowles. J. E, 1996). Kegagalan geser tanah dapat menimbulkan kegagalan bangunan, penurunan bangunan yang berlebihan dan dapat mengakibatkan keruntuhan struktural, sehingga perhatian utama pada struktur pondasi adalah daya dukung. Besar daya dukung ijin untuk suatu sistem struktur pondasi mempunyai beberapa persamaan pendekatan seperti yang dibuat oleh *Terzaghi, Meyerhof, Hansen* (Bowles, 1996).

Dikarenakan penelitian ini tidak membahas secara detail tentang pondasi dalam, maka tinjauan tentang analisis pondasi mengenai daya dukung tidak dijabarkan secara detail didalam tugas akhir ini.

3.4.4 Beban-Beban Yang Bekerja

Beban pondasi yang bekerja menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 Departemen Pekerjaan Umum sebagai syarat dari kekuatan terhadap pembebanan, dibedakan dalam beberapa jenis beban, diantaranya sebagai berikut ini.

1. Beban mati.

   Beban mati yang meliputi diantaranya berat konstruksi dan semua bahan konstruksi yang membebani secara permanen. Contohnya adalah berat struktur sendiri, berat keramik dan berat tembok.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2. Beban hidup.

   Beban hidup adalah beban yang tidak membebani secara permanen. Beban hidup ini tergantung pada fungsional gedung sendiri.

3. Beban angin.

   Beban angin yang bekerja pada bagian konstruksi yang terbuka.

4. Beban gempa.

   Beban gempa yang berupa beban lateral yang bekerja pada konstruksi gedung.

5. Beban khusus.

   Beban khusus adalah semua beban pada konstruksi yang bekerja akibat pengaruh-pengaruh khusus, contohnya beban akibat pengangkutan dan pemasangan, penurunan pondasi, akibat perubahan suhu, atau gaya dinamis akibat kerja mesin yang bekerja pada konstruksi ini.

3.4.5 Perencanaan Pondasi Dalam

Pada perencanaan pondasi dalam, beberapa hal yang harus ditinjau diantaranya sebagai berikut ini.

1. Kapasitas dukung pondasi tiang bor.

   Hitungan kapsitas dukung tiang dapat diproses berdasarkan dari karakteristik kuat geser tanah yang didapat dari hasil uji tanah di laboraturium dan pengujian dilapangan.

   a. Kapasitas dukung tiang tunggal.

      Kapasitas pondasi tiang bor mengikuti rumus umum yang didapat dari penjumlahan tahanan ujung dan tahanan selimut tiang, yang telah dinyatakan dalam bentuk Persamaan 3.3 berikut ini.

$$Q_u = Q_p + Q_s \qquad (3.3)$$

      Dengan:

      Q_u = Kapasitas dukung ultimit tiang (ton).

      Q_p = Kapasitas dukung ujung tiang (ton).

      Q_s = Kapasitas dukung selimut tiang (ton).

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1) Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p)

Kapasitas dukung ujung tiang bor pada tanah lempung didapat dengan menggunakan Persamaan 3.4 sebagai berikut ini.

Metode Reese & Wright (1997)

$$Q_p = A.\ 9\ .\ C_u \qquad (3.4)$$

Dengan:

Q_p = Kapasitas dukung ujung tiang (ton).

A = Luas penampang ujung tiang bor (m^2).

C_u = Kohesi tak terdrainase (Kpa).

2) Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Kapasitas dukung selimut tiang bor dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$Q_s = P\ .\ \sum \alpha Cu \Delta h \qquad (3.5)$$

Dengan:

Qs = Kapasitas dukung ultimit selimut tiang (ton).

P = Keliling pondasi (m).

$\sum \alpha Cu \Delta h$ = Diperoleh dari hasil laboraturium.

3) Kapasitas dukung ijin tiang

Daya dukung ijin tiang dapat dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 3.6 sebagai berikut ini.

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \qquad (3.6)$$

Dengan:

Q_{all} = Kapasitas dukung ijin tiang (ton)

Q_u = Kapasitas dukung ultimate tiang (ton)

SF_1 = Faktor keamanan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Penentuan faktor keamanan atau SF tergantung pada beberapa fakor yang diantaranya sebagai berikut:

a) jenis dan kepentingan struktur,
b) variasi kondisi tanah,
c) tingkat dan jenis pengujian geoteknik,
d) jumlah dan jenis pengujian geoteknik,
e) ketersediaan data uji pembebanan didekat lokasi,
f) tingkat pengawasan dan pengendalian mutu pekerjaan pondasi, dan
g) probabilitas beban rencana yang akan terjadi sepanjang masa bangunan

b. kapasitas dukung kelompok tiang.

Kelompok tiang biasanya digunakan apabila beban yang akan diterima oleh pondasi tiang terlalu besar, sehingga tidak mampu bila digunakan satu tiang. Oleh karena itu, kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa tiang yang bekerja sebagai satu kesatuan.

1) Kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah lempung.

Kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah lempung dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut ini.

$$Q_{all} = \frac{\sum Qu}{SF} \qquad (3.7)$$

Dengan:

Q_{all} = Beban maksimum kelompok tiang.(ton)

$\sum Q_u$ = Kapasitas dukung ijin tiang (ton)

2) Efisiensi kelompok tiang.

Efisien kelompok tiang tergantung pada beberapa faktor yang diantaranya sebagai berikut:

a) jumlah tiang, panjang, diameter, pengaturan dan terutama jarak antara as ke as tiang,
b) modus pengalihan bebean (gesekan selimut atau tahanan ujung),

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

c) prosedur pelaksanaan konstruksi (tiang pancang atau tiang bor),

d) urutan instalasi,

e) jangka waktu setelah pemancangan, dan

f) interaksi antara *pile cap* dengan tanah di permukaan.

Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang dapat dilihat pada Persamaan 3.8, 3.9, dan 3.10 berikut ini.

a) *Conversi – Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90mn} \quad (3.8)$$

Dengan:

E_g = Efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg d/s, dalam derajat

m = Jumlah tiang pada deretan baris

n = Jumlah tiang pada deretan kolom

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak antar tiang (m)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

b) *Los Angeles Group – Action Formula*

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi.S.m}\left[m.(n-1)+(m-1)+\sqrt{2\,(m-1)(n-1)}\right] \quad (3.9)$$

Dengan:

m = Jumlah tiang pada deretan baris.

n = Jumlah tiang pada deretan kolom.

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak antar tiang.(m)

c) *Seiler – Keeny*

$$E_{S\text{-}K} = \left[1 - \frac{11\,.\,S}{7(S^2-1)} + \frac{m+n-2}{m+n-2}\right] + \frac{0{,}30}{m+n} \qquad (3.10)$$

Dengan:

m = Jumlah tiang pada deretan baris.

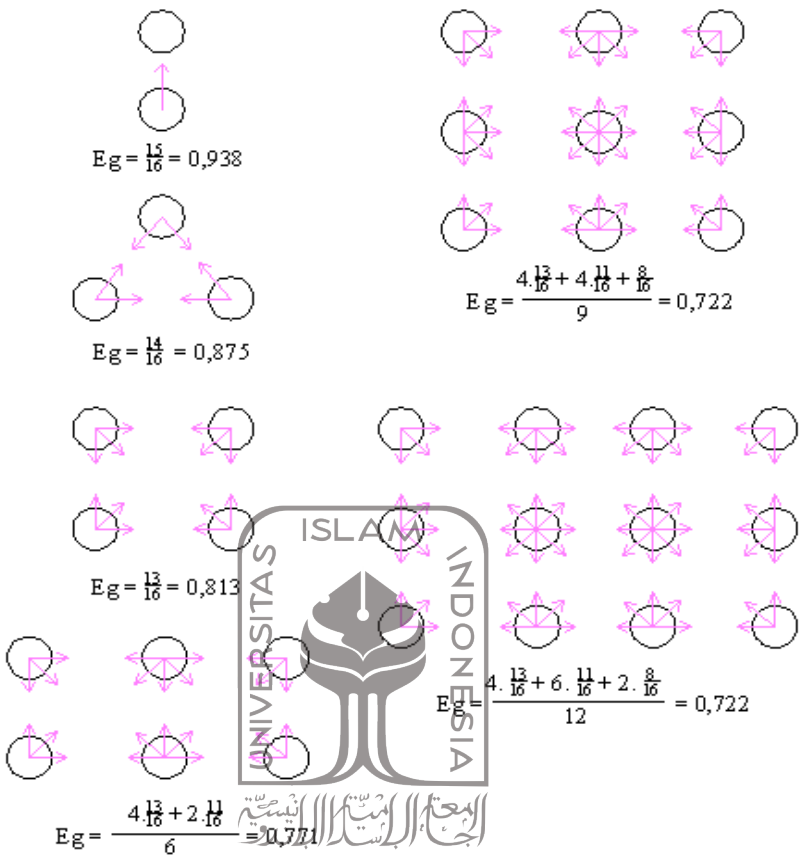
n = Jumlah tiang pada deretan kolom.

s = Jarak antar tiang.(m)

d) *Feld*

Dalam metode ini kapasitas pondasi individual tiang berkurang sebesar 1/16 akibat adanya tiang yang berdampingan baik dalam arah tegak lurus maupun dalam arah diagonal. Ilustrasi dari hasil perhitungan formula ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Gambar 3.1 Ilustrasi dan Nilai Efisiensi Kelompok Tiang
(Sumber : Raharjo, 2005)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.5 ANALISIS STRUKTUR

Dalam melakukan perhitungan struktur pada penelitian tugas akhir ini, peneliti menggunakan hasil dari tim perencana berupa hasil dari program ETABS yang merupakan perangkat lunak yang akan dikeluarkan oleh CSI (*Computer and Structure, Inc*) untuk analisis dan desain struktur yang berorientasi objek. Data-data yang harus diinput diantaranya adalah data material, data pembebanan yang meliputi beban hidup, beban mati serta beban gempa. Untuk hasil dari data tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

Dari hasil analisis struktur yang menggunakan program ETABS ini akan diambil hasil dari gaya-gaya yang akan terjadi pada struktur pondasi kemudian akan dilakukannya analisis perencanaan pondasi dan dihitung menggunakan program *Microsoft Excel.*

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 JENIS PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat penelitian perancangan dan penelitian eksperimen. Di dalam tugas akhir ini, penulis melakukan perencanaan rancangan terlebuh dahulu untuk menghasilkan desain. Desain yang telah jadi pada proses perancangan akan dilakukan pengujian dengan penelitian yang bersifat ilmiah. Penelitian yang bersifat ilmiah ini akan diterapkan secara kuantitatif. Di penelitian ini, peneliti telah menggunakan kasus sehingga penelitian yang telah didapat merupakan penelitian yang terperinci mengenai proyek tertentu dan memiliki kesimpulan yang bisa kita tarik dari hasil penelitian ini hanya berlaku objek yang telah diteliti dan dalam kurun waktu tertentu. Dari kesimpulan yeng telah diperoleh tidak bisa digeneralisasikan terhadap objek dan dalam kurun waktu yang berbeda.

4.2 OBYEK DAN SUBYEK PENELITIAN

Objek dari penelitian ini adalah *value engineering* yang digunakan untuk mendapatkan desain alternatif pada konstruksi pondasi yang lebih utamanya untuk mencari dimensi yang tepat pada desain alternatif pada pondasi.

4.3 PENGUMPULAN DATA

Data penelitian yang akan dikumpulkan untuk dianalisis berupa metode pengumpulan data dengan cara wawancara yang disertai dengan mengisi kuisioner yang akan peneliti siapkan untuk memperoleh data penilaian kriteria yang nantinya akan digunakan untuk analisis keuntungan dan kerugian dan menganalisis tingkat kelayakan.

Data lain yang digunakan untuk menganalisis secara teknis dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. data penyelidikan tanah,
2. data struktur perencanaan pondasi desain awal, dan
3. rencana anggaran biaya (rab) pekerjaan pondasi bor pada desain awal.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Data-data tersebut diperoleh dari tim perencana Pembangunan Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia.

4.4 TAHAP PENELITIAN

Ciri khusus dari *value engineering* dalam melakukan evaluasi terhadap aktifitas pekerjaan yang telah ditinjau adalah dengan diterapkannya sistematika yang telah cukup rapi dari awal hingga akhir analisa. Dari sistematika yang telah dilakukan kemudian disusun dalam tahapan-tahapan yang saling berhubungan dan semua dapat menjelaskan secara jelas dan terpadu. Tahapan dari analisa tersebut disebut dengan rencana kerja rekayasa nilai (*Value Engineering Job Plan*).

Sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, maka dari tahapan-tahapan atau langkah-langkah dalam penelitian tugas akhir ini telah sesuai dengan rencana kerja rekayasa nilai (*Value Engineering Job Plan*) sebagai berikut:

4.4.1 Tahap Informasi (*Information Phase*)

Tujuan dari tahapan yang telah penulis buat adalah untuk memperoleh informasi yang lengkap terhadap obyek dan subyek penelitian.

Pada tahapan ini, peneulis melakukan pengumpulan data-data penelitian pada proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia melalui tim perencana meliputi data-data sebagai berkut:

1. data penyelidikan tanah,
2. data struktur perencanaan pondasi dari desain awal, dan
3. rencana anggaran biaya (rab) dari pekerjaan pondasi.

Dari data-data yang telah diperoleh, selanjutnya melakukan tahap investigasi terhadap data-data tersebut. Pada tahap ini, biaya dibuat menjadi *coast model* untuk mendapatkan kemudahan dalam melihat potensi penghematan dari semua rincian pekerjaan. Data-data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam tabel *coast breakdown* seperti pada Tabel 4.1 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 4. 1 *Cost Breakdown* Pekerjaan

Proyek : - Lokasi : - Klien : - Tanggal : - Halaman : - of -		**TAHAP INFORMASI** ***COST BREAKDOWN***	
No	**Uraian Pekerjaan**	***Breakdown* Biaya**	**Bobot (%)**
1			
2			

Tahap informasi selanjutnya akan dilakukan ke tahap analisa fungsi (*function analysis*) yang bertujuan untuk mengelompokkan fungsi primer dan fungsi sekunder. Hasi dari identifikasi fungsi, selanjutnya dimasukkan kedalam Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Analisa Fungsi Pekerjaan

Proyek : - Lokasi : - Klien : - Tanggal : - Halaman : - of -		**TAHAP INFORMASI** **ANALISIS FUNGSI**			
No	**Uraian Pekerjaan**	**Kata Kerja**	**Kata Benda**	**Fungsi**	**Deskripsi**
1					
2					

4.4.2 Tahap Kreatif (*Creative Phase*)

Pada tahap ini, khusus tahap kreatif memiliki tujuan untuk memperoleh gagasan-gagasan atau ide kreatif demi mencari alternatif desain. Dari hasil tahap kreatif ini, gagasan dan ide kreatif dikembangkan yang akan dipakai agar tercapainya fungsi dasar. Pertanyaan kunci pada tahap ini adalah alternatif apa saja yang bisa melaksanakan fungsi primer.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dari ide kreatif yang telah direncanakan, kemudian ditabelkan lengkap dengan sistem teknologi dan bahan material yang digunakan seperti pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4. 3 Ide-ide Kreatif Alternatif Desain

No	Jenis Desain	Sistem Desain	Bahan Material
1			
2			

4.4.3 Tahap Pertimbangan (*Judgment Phase*)

Dari tahap ini dilakukannya analisa ekonomi untuk memperoleh alternatif terbaik dengan berbagai macam kemungkinan demi pengambilan keputusan berdasarkan faktor ekonomi.

Dengan memperhatikan batasan-batasan penelitian yang telah ada, maka melakukan proses analisa alternatif yang digunakan. Proses analisa meliputi analisa keuntungan dan kerugian, analisa tingkat kelayakan, dan analisa pemilihan alternatif. Dari hasil analisa yang kita peroleh maka dapat kita evaluasi secara subjektif untuk mendapatkan alternatif yang memiliki potensi nilai terbaik.

Dari hasil analisa keuntungan dan kerugian, ide-ide kreatif harus dipertimbangkan terhadap beberapa kriteria penilaian. Dalam memberikan penilaian dari setiap kriteria, yang harus ditinjau pertama kali adalah menentukan salah satu dari kriteria yang lain dengan penilaian secara relatif. Penilaian terhadap kriteria-kriteria yang dilakukan dengan cara wawancara dan pengumpulan kuisioner dari narasumber yang ahli dalam bidang pondasi atau telah melaksanakan pekerjaan pondasi dalam. Hasil dari wawancara dan kuisioner tersebut selanjutnya dilakukan analisis.

Hasil dari tahap kreatif dan tahap pertimbangan yang telah kita peroleh berupa analisis keuntungan dan kerugian yang kemudian dapat kita masukkan kedalam Tabel 4.4 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 4. 4 Analisis Keuntungan dan Kerugian

Proyek : -	**TAHAP KREATIF (*CREATIVE PHASE*)**	**TAHAP PERTIMBANGAN (*JUDGEMENT PHASE*)**
Lokasi : -		
Klien : -		
Tanggal : -	**LIST IDE KREATIF**	**EVALUASI IDE**
Halaman : - of -		

No	**Ide Kreatif**	**Keuntungan**	**Kerugian**	**Peringkat Ide**
1				
2				

ISLAM UNIVERSITAS INDONESIA

4.4.4 Tahap Pengembangan (*Development Phase*)

Tahap ini adalah tahap lanjutan setelah alternatif telah terpilih. Setelah pada tahap sebelumnya dilakukan pertimbangan keuntungan dan kerugian, selanjutnya dilakukan penentuan perhitungan biaya yang berpotensi bagi alternatif yang telah terpilih yang selanjutnya masuk pada tahapan pengembangan. Tahapan ini melakukan perhitungan yang secara detil untuk memperoleh nilai yang bermanfaat serta ekonomis pada alternatid desain pondasi yang akan digunakan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4.4.5 Tahap Rekomendasi (*Recommendation Phase*)

Pada tahap ini dilakukan proses pengajuan ide terbaik yang dapat diusulkan dan dapat diterima. Taap rekomendasi disajikan secara lengkap dari hasil studi *value engineering* yang meliputi konsep usulan desain baru. Data-data yang disampaikan antara lain:

1. desain pondasi alternatif yang terbaik,
2. hasil desain (struktur pondasi alternatif), dan
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pekerjaan pondasi alternatif.

Hasil dari tahapan pengembangan dan tahapan rekomendasi kemudian dimasukkan kedalam Tabel 4.5 berikut ini.

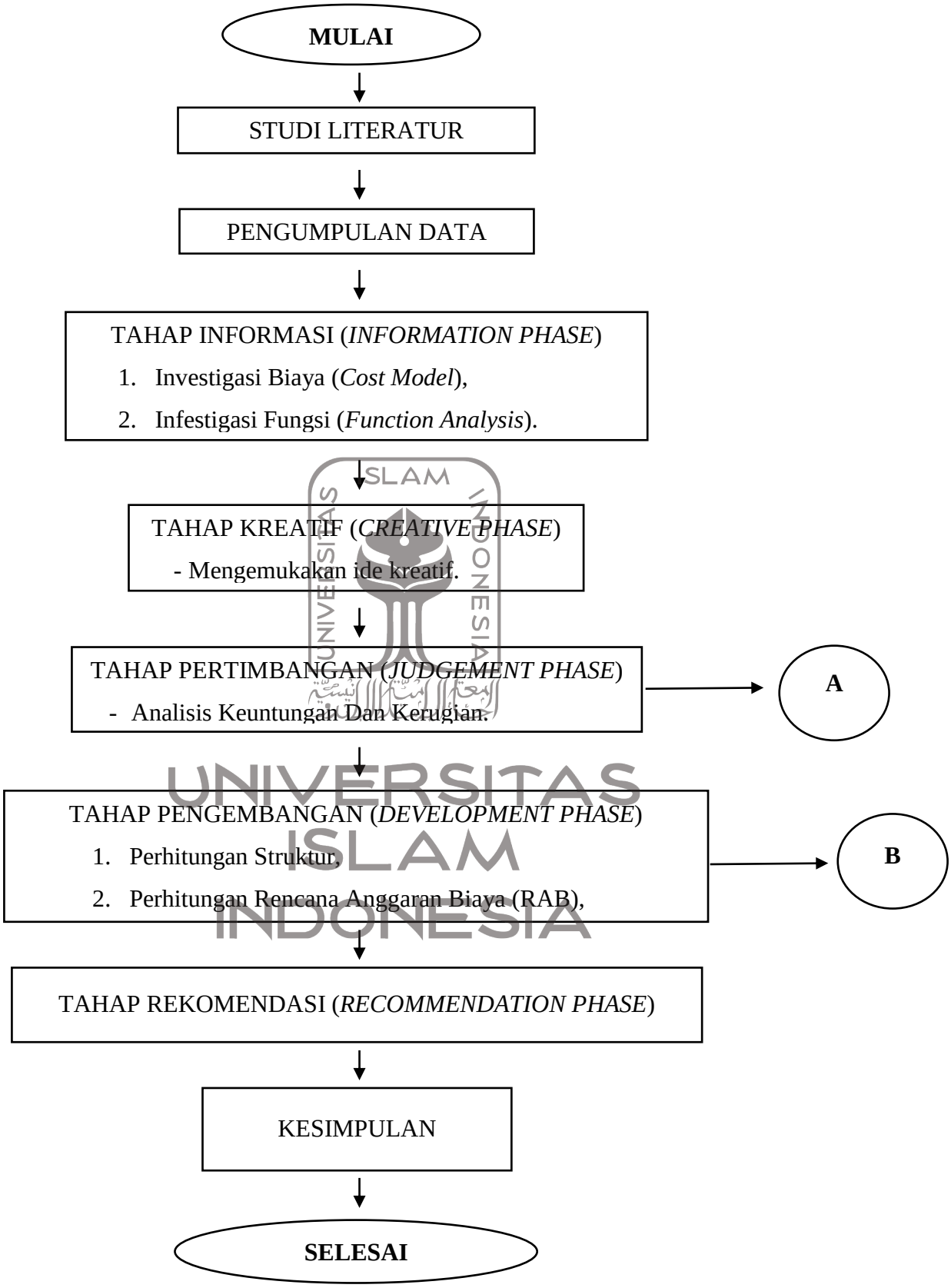
Tabel 4. 5 Tahap Pengembangan Dan Tahap Rekomendasi

<table>
<tr><td>Proyek : -
Lokasi : -
Klien : -</td><td colspan="2">TAHAP PENGEMBANGAN DAN REKOMENDASI
(DEVELOPMENT AND RECOMMENDATION PHASE)</td></tr>
<tr><td>Tanggal : -
Halaman : - of -</td><td>ITEM :</td><td>NO :</td></tr>
<tr><td colspan="3">Konsep Asal (Original Concept) :</td></tr>
<tr><td colspan="3">Usulan Perubahan (Proposed Changed) :</td></tr>
<tr><td colspan="3">Diskusi (Discussion) :</td></tr>
</table>

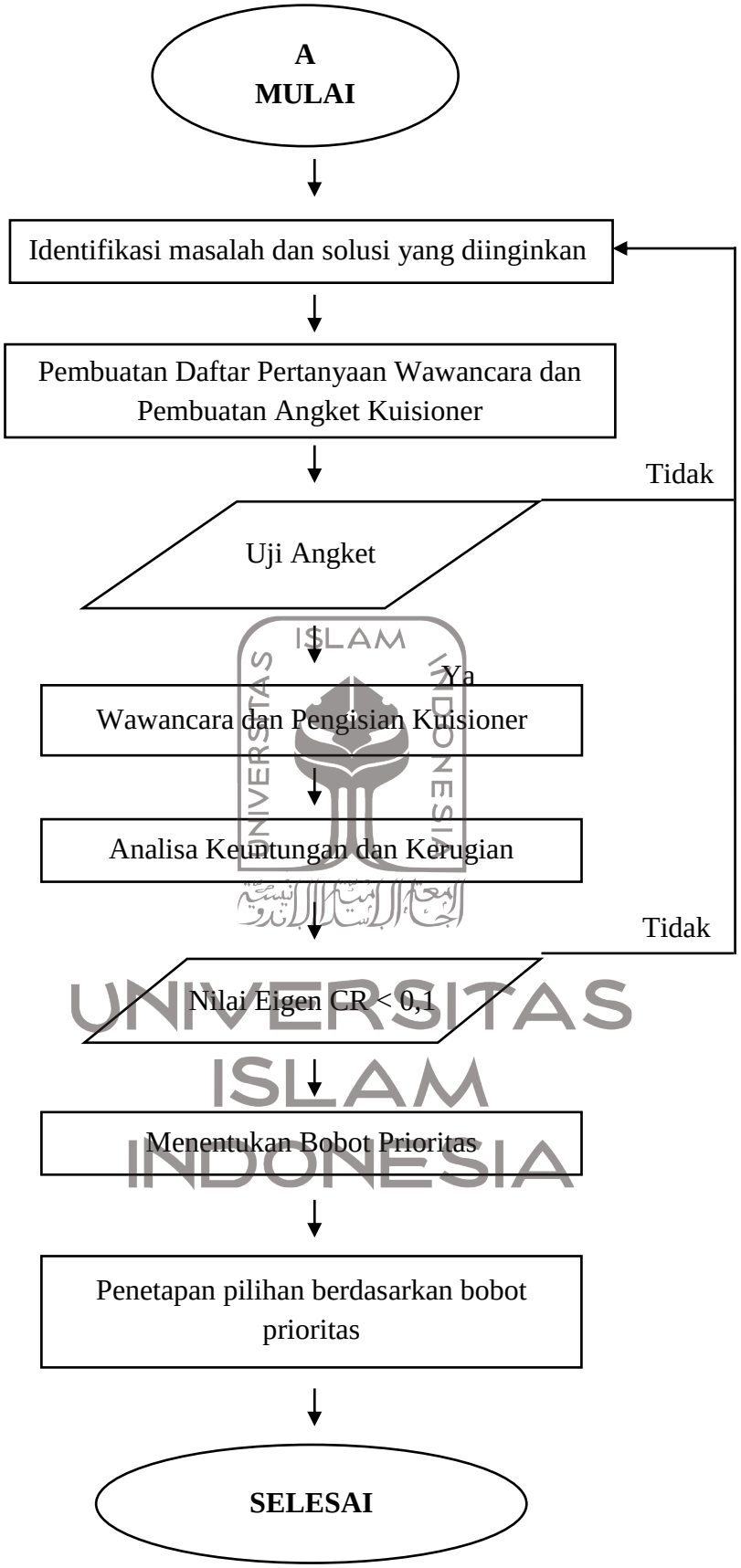
4.5 BAGAN ALIR PENELITIAN

Dari proses penilitian tugas akhir ini sesuai dengan tahap-tahap penelitian yang telah dijelaskan pada sub bab 4.4. Proses penelitian ini disajikan dengan bagan alir (*flow chart*) yang bisa dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.3, sebagai berikut:

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

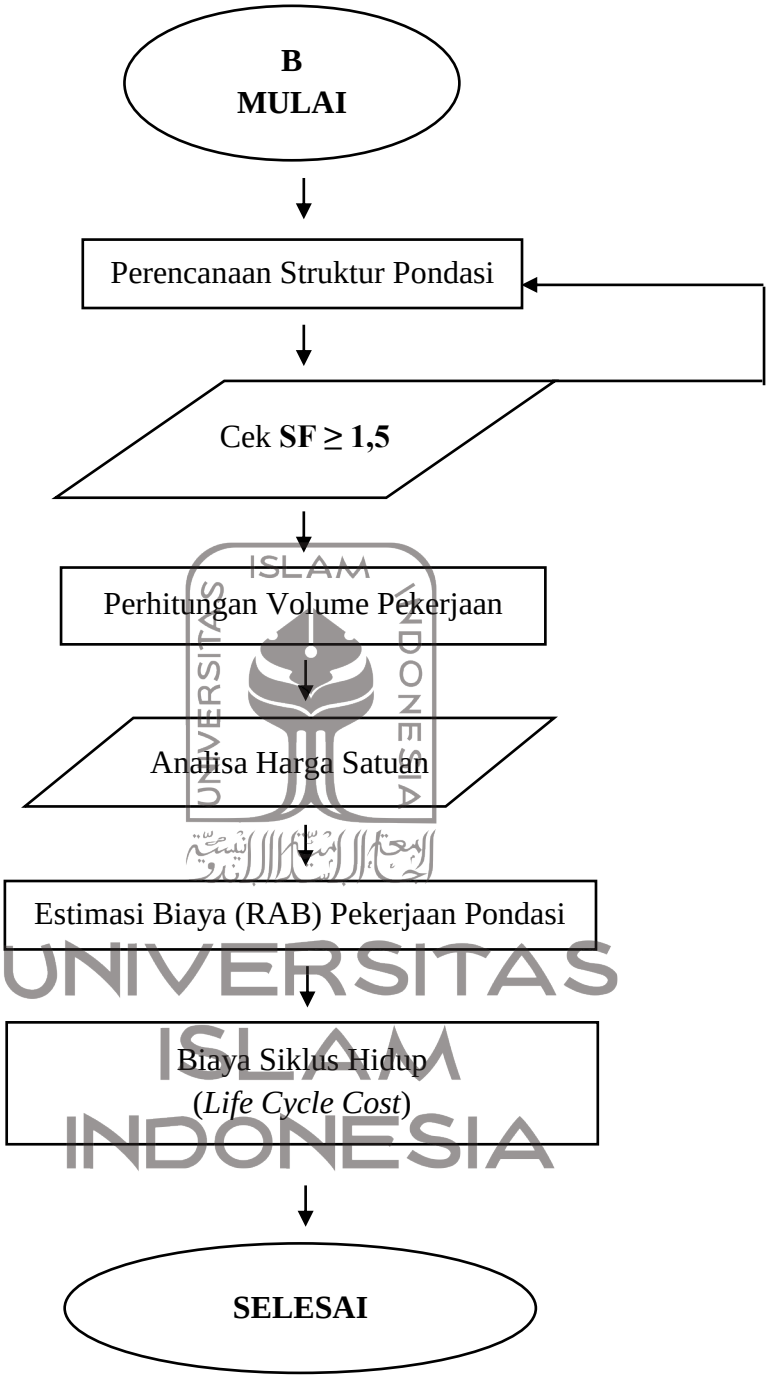


Gambar 4. 1 *Flow Chart* Penelitian



Gambar 4. 2 *Flow Chart* Tahap Pertimbangan (A)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Gambar 4. 3 *Flow Chart* Tahap Pengembangan (B)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4.6 RENCANA JADWAL PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis membuat rencana jadwal pelaksanaan agar tugas akhir dapat selesai tepat waktu. Rencana jadwal pelaksanaan tugas akhir dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rencana Jadwal pelaksanaan penelitian.

Kegiatan	Bulan							
	Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengambilan Data Lapangan								
- Kuisioner			25					
- Wawancara			25					
Analisis Data								
- Perhitungan pondasi diameter 800 mm				10				
- Perhitungan pondasi diameter 700 mm					20			
- Perhitungan RAB pondasi diameter 700 mm						20		
- Perhitungan pondasi diameter 600 mm							20	
- Perhitungan RAB pondasi diameter 600 mm								20
Total Jam							140	

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB V
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 UMUM

Pembangunan gedung dengan biaya yang terbatas, hasil mutu yang baik, tidak mudah agar dapat tercapai. Untuk mengatasi kondisi tersebut dibutuhkan adanya program efisiensi, sehingga penghematan biaya yang akan digunakan dapat tercapai. Usaha demi tercapainya penghematan biaya proyek, para pelaku jasa konstruksi telah melakukan suatu program alternatif. Dimana salah satu metode alternatif dalam upaya untuk penghematan anggaran biaya adalah dengan cara penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) didalam perencanaan proyek konstruksi.

Pada tugas akhir ini, akan dilakukannya analisis rekayasa nilai (*value engineering*) pada pekerjaan pondasi gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Analisis ini dilakukan dengan cara lima tahapan rencana kerja yang sistematis tersusun dimana tahapan-tahapan saling berhubungan dan semuanya dapat menjelaskan secara jelas dan terpadu.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.2 TAHAPAN INFORMASI (*INFORMATION PHASE*)

Tahapan informasi ini merupakan dimana proses pengumpulan informasi-informasi yang terdapat didalam proyek demi membantu proses jalannya pengambilan gagasan pengembangan desain. Data-data informasi yang dimaksud diantaranya sebagai berikut ini.

1. Data umum.

   Data umum yang dimaksud adalah informasi-informasi umum dari proyek seperti lokasi proyek, luas bangunan, fungsional bangunan, dan lain sebagainya yang termasuk dalam data umum proyek.

2. Data teknis.

   Data teknis yang dimaksud adalah informasi yang mengenai karakteristik fisik dari proyek. Data fisik ini meliputi jenis tanah, kondisi tanah, jenis pondasi yang digunakan, daya dukung tanah, dan lain sebagainya yang termasuk dalam data teknis proyek.

3. Data anggaran biaya.

   Data anggaran biaya yang dimaksud adalah informasi yang didalamnya terdapat info mengenai anggaran biaya dan biaya awal pekerjaan pondasi.

Tujuan dari tahapan informasi ini adalah untuk mendapatkan informasi secara jelas dan secara menyeluruh dari proyek yang akan ditinjau, yaitu pada pekerjaan pondasi. Data-data proyek yang didapat, dapat dilihat pada Tabel 5.1 bertikut ini.

Tabel 5. 1 Data Proyek Gedung Rumah Ssakit UII

DATA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RUMAH SAKIT UII		
No	**Uraian**	**Keterangan**
1	Proyek	- Pembangunan Gedung Rumah Sakit UII - Luas tapak adalah 14.541 m^2 - Luas bangunan adalah 24.898 m^2
2	Lokasi Proyek	Jalan Srandakan Km. 5,5, Dsn. Pandak, Kel. Wijirejo, Kec. Pandak, Kab. Bantul, Prov. Yogyakarta
3	Fungsi Bangunan	- Rumah Sakit Kelas B Pendidikan - Dilengkapi dengan prasarana yang diantaranya : • Pelayanan Medik Dasar • Pelayanan Gawat Darurat • Pelayanan Medik Spesialis Dasar • Pelayanan Medik Spesialis Penunjang Medik • Pelayanan Penunjang Klinik • Pelayanan Penunjang Non-Klinik • Pelayanan Keperawatan dan Kebidanan • Ruang Sekretariat • Ruang Kelas • Ruang Diskusi • Perpustakaan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.1 Lanjutan Data Proyek Gedung Rumah Ssakit UII

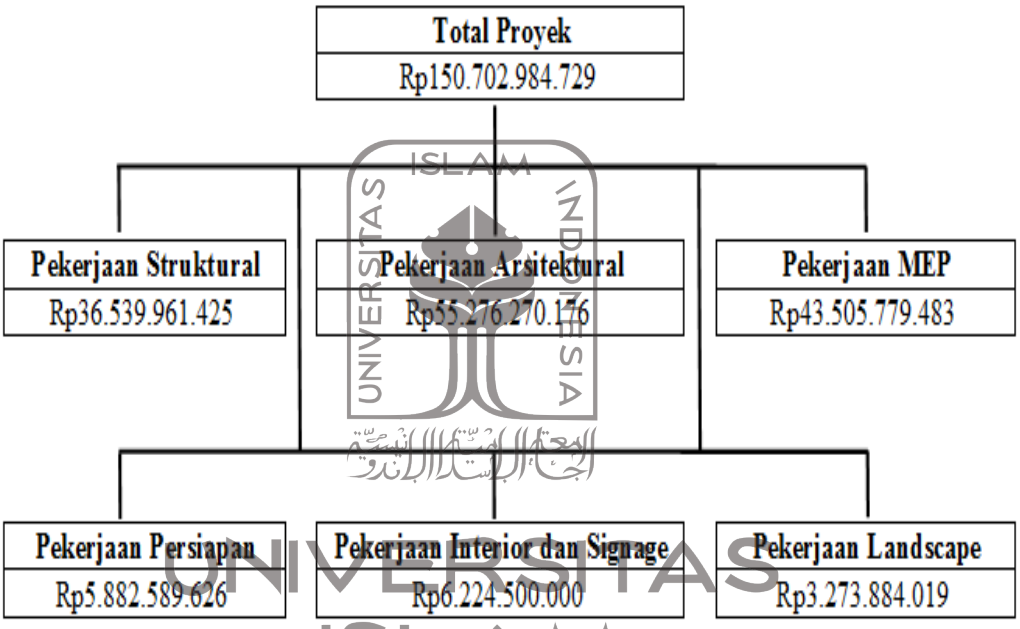
		• Auditorium • *Student Lounge* • Masjid • Retail • Kafetaria • ATM *Center*
4	Data Teknis	- Tanah padat pada kedalaman 20,5 m hingga 26,5 m dengan nilai konus (CR) sebesar 250 kg/cm^2. - Dengan menggunakan metode *Reece* diperoleh angka daya dukung ultimit (Qu) pada kedalaman 20 m dan dengan menggunakan diameter 800 mm adalah sebesar 289,85 ton. - Dengan menggunakan metode *Mayerhoff* diperoleh angka daya dukung ultimit (Qu) pada kedalaman 20 m dan dengan menggunakan diameter 800 mm adalah sebesar 569,78 ton. - Pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam dengan jenis pondasi bor *pile*.
5	Biaya	Anggaran biaya yang digunakan untuk pondasi bor *pile* adalah sebesar Rp. 5.961.590.066,24.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis rekayasa nilai (*value engineering*) pada tugas akhir ini dilakukan pada pekerjaan struktur pondasi, maka tinjauan difokuskan pada pekerjaan struktur pondasi tanpa memperhitungkan struktur bagian atas, struktur atap, dan lain sebagainya.

Data-data yang telah diperoleh selanjutnya pada tahap informasi ini dilakukan investigasi. Pada tahap investigasi biaya dibuat *cost model* untuk memperoleh kemudahan dalam melihat potensi penghematan dari masing-masing rincian pekerjaan. *Cost model* dibuat secara grafis yang selanjutnya dilakukan

breakdown dengan tabel secara rinci jenis pekerjaan dan harga atau biaya pada setiap item pekerjaan, kemudian diperhitungkan bobot masing pekerjaan. Dari tabel tersebut akan dapat kemudahan untuk menentukan penghematan potensial dari masing-masing bobot yang memiliki nilai besar. Bobot yang memiliki nilai besar mempunyai peluang penghematan yang optimal. Hasil investigasi *cost model* dapat kita lihat pada Gambar 5.1 berikut ini:



Gambar 5. 1 *Cost Model* Pembangunan Gedung Rumah Sakit UII

Hasil investigasi dari *cost model* dapat kita lihat bahwa pekerjaan struktural mempunyai potensi biaya tinggi setelah pekerjaan arsitektural dan pekerjaan MEP. Pekerjaan struktur juga mempunyai potensi dengan dilakukannya penghematan dengan metoda *value engineering*. Selanjutnya dilakukannya proses *breakdown* biaya struktur yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

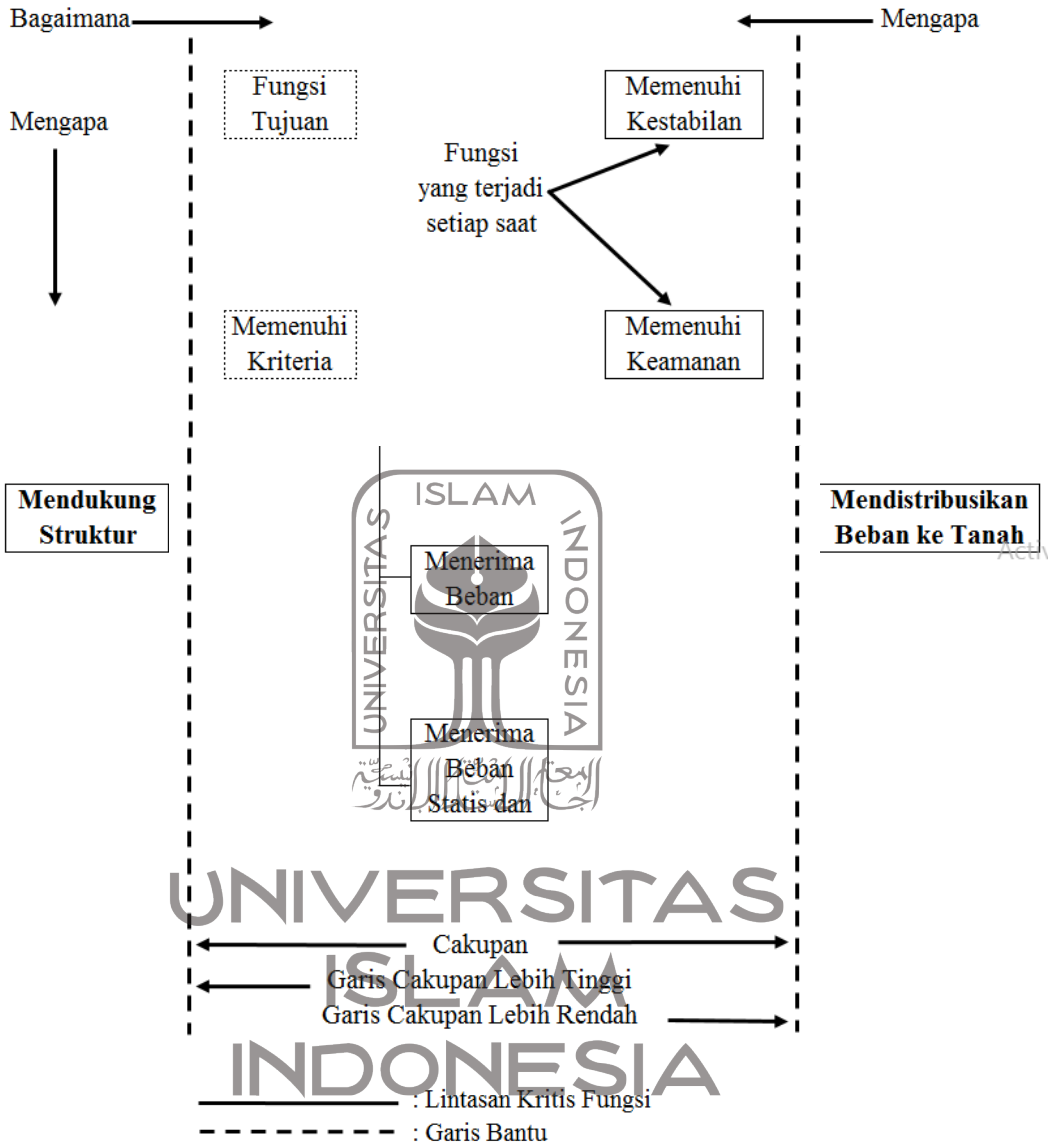
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5. 2 *Breakdown* Pekerjaan Struktur Gedung Rumah Sakit UII

Proyek : Gedung Rumah Sakit UII Lokasi : Jl. Srandakan Km 5,5, Pandak, Wijirejo, Pandak, Bantul, Yogyakarta Klien : - Tanggal : - Halaman : - of -		**TAHAP INFORMASI** ***COST BREAKDOWN***	
No	Uraian Pekerjaan	Jumlah	Bobot (%)
1	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN	Rp. 822.195.477,60	2,250
2	PEKERJAAN *BORED PILE*	Rp. 5.961.590.066,24	16,315
3	PEKERJAAN BETON		
	- Lantai *Basement*	Rp. 6.322.428.025,80	17,303
	- Lantai 1	Rp. 4.991.205.545,08	13,660
	- Lantai 2	Rp. 4.859.162.749,04	13,298
	- Lantai 3	Rp. 4.197.811.757,38	11,488
	- Lantai 4	Rp. 2.789.866.126,55	7,635
	- Lantai 5	Rp. 2.031.410.777,82	5,559
	- Lantai 6	Rp. 1.868.269.418,37	5,113
	- Lantai Atap	Rp. 1.437.066.667,32	4,031
4	PEKERJAAN ATAP BAJA	Rp. 713.459.242,30	1,953
5	PEKERJAAN GWT	Rp. 509.495.571,34	1,394
TOTAL		Rp. 36.539.961.424,84	100,000

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Hasil analisa fungsi dengan menggunakan metode FAST dapat dilihat pada gambar 5.2 berikut ini:



Gambar 5. 2 Diagram Analisa Fungsi FAST Pada Pondasi

Dengan menggunakan metode FAST, telah melibatkan dalam penggunaan diagram balok yang berfungsi berdasarkan jawaban terhadap pertanyaan Bagaimana (*How* ?) dan Mengapa (*Why* ?). Hasil dari diagram ini adalah hirarki dari fungsi yang memperlihatkan hubungan antara *How* / *Why*, serta memeberikan penjelasan tentang bagaimana cara mengurut fungsi-fungsi sehingga menempatkan bagaimana suatu fungsi dasar, tujuan atau hasil akhir.

Dari diagram FAST dapat kita lihat dari sudut pandang fungsional dengan cakupan tinggi bergerak kearah kanan ke cakupan yang lebih rendah menjawab dari pertanyaan-pertanyaan bagaimana dan mengapa.

Pemetaan fungsional menggunakan metode FAST ini adalah suatu pokok awalan. Pelayanan adalah suatu proses dan sub-proses untuk mendapatkan fitur yang kita inginkan dan dianalisa dari sudut pandang fungsional. Metode FAST akan menghasilkan suatu *logical functional map* dalam mendesain. Sehingga metode ini akan menghasilkan banyak mekanisme berbeda untuk menyediakan fungsi dari proses yang sama, diluar batas dan kreativitas yang ada.

5.3 TAHAP KREATIF (*CREATIVE PHASE*)

Tahapan ini dimana dilakukannya pendekatan-pendekatan secara kreatif dengan cara mengemukakan ide-ide sebanyak mungkin, dengan semakin banyaknya ide-ide kreatif yang telah dikemukakan diharapkan dari studi *value engineering* dapat berjalan dengan sukses. Akan tetapi, dengan kurang lengkapnya informasi yang telah didapat tidak menghalangi kemampuan dari usaha *value engineeringi* dikarenakan dengan berlanjutnya studi, informasi akan terpecahkan secara sendirinya.

Ide-ide kreatif yang telah dikemukakan merupakan ide-ide kreatif yang telah sesuai cakupan dari fungsional yang telah dijabarkan dari tahapan sebelumnya dengan menggunakan metode FAST.

Ide-ide kreatif dari desain pondasi yang telah dikemukakan, selanjutnya ditabelkan secara lengkap dengan mencakup sistem teknologi dan bahan material yang digunakan. Hasil usulan ide-ide kreatif yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5. 3 Ide-ide Kreatif Alternatif Desain Pondasi

No	Jenis Pondasi	Sistem Pondasi	Badan Material
1	Pondasi Telapak Gabungan	Pondasi Dangkal	Beton Bertulang
2	Pondasi Telapak Gabungan	Pondasi Dangkal	Beton Bertulang
3	Pondasi Telapak Menerus	Pondasi Dangkal	Beton Bertulang
4	Pondasi Plat (*Mat Foundation*)	Pondasi Dangkal	Beton Bertulang
5	Pondasi Sumuran	Pondasi Dalam	Beton Bertulang
6	Pondasi Tiang Pancang	Pondasi Dalam	*Precast Concrete*
7	Pondasi Bor (*Bored Pile*)	Pondasi Dalam	Beton Bertulang

Karena lokasi proyek pembangunan Gedung Rumah Sakit UII ini berlokasi di daerah Bantul, yang terkenal dengan memiliki riwayat rawan gempa dan dari hasil pengujian laboraturium UII yang mengeluarkan hasil bahwa tanah padat pada lokasi ini tepat pada kedalaman 20 meter. Berdasarkan hasil yang ada, maka penerapan *value engineering* ini tidak digunakan sistem pondasi dangkal. Sehingga pada tahap kreatif ini, pilihan pondasi dipakai sistem pondasi dalam yaitu diantaranya sebagai berikut ini.

1. Pondasi sumuran
2. Pondasi tiang pancang
3. Pondasi bor (*bored pile*)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.4 TAHAP PERTIMBANGAN (*JUDGMENT PHASE*)

Ide-ide yang telah dikemukakan pada tahap kreatif, tahapan selanjutnya dipertimbangkan dengan melakukan analisis terhadap beberapa kriteria-kriteria desain pondasi dalam. Analisis yang akan dilakukan diantaranya adalah analisis keuntungan dan kerugian, analisis tingkat kelayakan, dan analisis matrik berpasangan untuk menentukan nilai atau bobot terbaik.

Sistem penilaian dilakukan dengan membandingkan dari semua kriteria terhadap komponen yang akan ditinjau. Penilaian diberikan secara relatif seperti

yang telah dijelaskan pada subbab 3.2.10 dengan cara melibatkan semua tim. Sistem penilaian diberikan secara bersama-sama pleh tim rekayasa nilai (*value engineering*) dengan cara mengsi kuisioner dan wawancara yang akan diwakili oleh orang-orang yang berkompoten dibidangnya.

Penilaian terhadap kriteria-kriteria parameter dilakukan secara bersama-sama dengan mengumpulkan angket atau kuisioner serta melakukan beberapa wawancara dengan beberapa pertanyaan seputar topik yang akan dituju kepada para ahli serta praktisi yang berkompeten pada bidangnya. Pemberian nilai pada kriteria dilakukan secara relatif berdasarkan pengetahuan dan pengalaman dari pada reponden. Penelitian ini diambil responden berjumlah 4 orang. Hasil dari kuisioner (terlampir) dan wawancara selanjutya dilakukan analisis untuk menentukan nilai atau bobot terbaik dari masing-masing ide alternatif desain pondasi.

5.4.1 Analisis keuntungan dan Kerugian

Analisis keuntungan dan kerugian diperoleh dari hasil penilaian yang diberikan secara bersama-sama yang melibatkan dari tim rekayasa nilai (*value engineering*) dengan cara mengisi kuisioner dan menjawab dari beberapa pertanyaan dari wawancara yang diwakili oleh orang-orang yang berkompeten dibidangnya. Penilaian diberikan secara relatif seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.2.10 poin 3.

Hasil kuisioner dengan total responden diambil 3 orang dan didapat rekapitulasi hasil untuk masing-masing jenis alternatif pondasi seperti pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Kuisioner Analisis Keuntungan dan Kerugian

No	Parameter	R1	R2	R3	R4	∑	Rata-rata	Ket
A	**Pondasi Sumuran**							
1	Biaya Awal	2	2	2	2	8	2	+
2	Daya Dukung	0	1	1	0	2	1	+
3	Waktu Pelaksanaan	-2	-2	-2	-2	-8	-2	-
4	Kemungkinan Implementasi	-2	-2	-2	-2	-8	-2	-

Tabel 5.4 Lanjutan Rekapitulasi Hasil Kuisioner Analisis Keuntungan dan Kerugian

No	Parameter	R1	R2	R3	R4	∑	Rata-rata	Ket
5	Tingkat Kesulitan Plaksanaan	-2	-2	-2	-2	-8	-2	-
6	Sarana Kerja (Peralatan)	2	1	1	1	5	1,25	+
B	**Pondasi Tiang Pancang**							
1	Biaya Awal	-2	-1	-1	-2	-6	-1,5	-
2	Daya Dukung	2	2	2	2	8	2	+
3	Waktu Pelaksanaan	2	1	1	2	6	1,5	+
4	Kemungkinan Implementasi	0	1	1	2	4	1	+
5	Tingkat Kesulitan Plaksanaan	0	1	1	1	3	0,75	+
6	Sarana Kerja (Peralatan)	0	2	1	1	4	1	+
C	**Pondasi Bor (*Bored Pile*)**							
1	Biaya Awal	-2	-2	-2	-2	-8	-2	-
2	Daya Dukung	2	2	2	2	8	2	+
3	Waktu Pelaksanaan	2	2	2	2	8	2	+
4	Kemungkinan Implementasi	2	2	2	2	8	2	+
5	Tingkat Kesulitan Plaksanaan	1	2	2	2	7	1,75	+
6	Sarana Kerja (Peralatan)	-2	-1	0	0	-3	-0,75	-

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Keterangan : R1 = Responden 1 R3 = Responden 3
R2 = Responden 2 R4 = Responden 4
Tanda (+) = Untung
Tanda (-) = Rugi

Setelah mendapatkan hasil kuisioner tahap selanjutnya akan dilakukannya analisa keuntungan dan kerugian berdasarkan faktor-faktor penilaiannya pada setiap jenis alternatif sistem pondasi yang telah diusulkan. Dari hasil analisa keuntungan dan kerugian dapat dilihat seperti Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5. 5 Analisis Keuntungan dan Kerugian

No	Ide Usulan	Faktor Penilaian	Nilai Keuntungan	Nilai Kerugian	Selisih
1	Pondasi Sumuran	- Biaya Awal - Daya Dukung - Waktu Pelaksanaan - Kemungkinan Implementasi - Tingkat Kesulitan - Sarana Kerja	2 1 1,25	 -2 -2 -2	
		Jumlah	4,25	-6	-1,75
2	Pondasi Tiang Pancang	- Biaya Awal - Daya Dukung - Waktu Pelaksanaan - Kemungkinan Implementasi - Tingkat Kesulitan - Sarana Kerja	 2 1,5 1 0,75 1	-1,5	
		Jumlah	6,25	-1,5	4,75
3	Pondasi Bor (*Bored Pile*)	- Biaya Awal - Daya Dukung - Waktu Pelaksanaan - Kemungkinan Implementasi - Tingkat Kesulitan - Sarana Kerja	 2 2 2 1,75	-2 -0,75	
		Jumlah	7,75	-2,75	5

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Pada Tabel 5.5 diatas, maka ide-ide usulan dari jenis pondasi dalam akan dipilih jika mempunyai nilai keuntungan yang terbesar. Pada tahap ini, sistem pondasi bor terlihat sebagai alternatif pertama yang nantinya sebagai alternatif utama. Hasil ini berdasarkan dari responden yang telah mengisi kuisioner yang sesuai dengan keilmuan dan pengalaman masing-masing.

5.4.2 Analisa Tingkat Kelayakan

Pada tahapan ini tepatnya pada tahapan analisis tingkat kelayakan ini akan membahas penilaian kriteria ide-ide kreatif dengan subyektif. Untuk mendapatkan penilaian yang ideal, maka sistem penilaian ini dilakukan dengan cara wawancara yang kemudian diisi ke dalam tabel kuisioner oleh para ahli serta praktisi yang berkompoten dan memiliki pengalaman dibidangnya.

Seperti yang telah dijelaskan pada BAB sebelumnya, pada BAB 3.2.10 point 3, setiap kriteria pada analisis kelayakan akan diberi bobot nilai, dengan

bobot nilai yang akan diberikan antara 1 – 10, yang kemudian hasil dari nilai-nilai tersebut dijumlahkan setiap alternatifnya.

Hasil dari penilaian tingkat kelayakan pada penilitian ini dapat kita lihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5. 6 Hasil Penilaian Kelayakan

No	Parameter	R1	R2	R3	R4	Rata-rata
A	**Pondasi Sumuran**					
1	Biaya Awal	7	6	6	6	6,25
2	Daya Dukung	1	1	2	1	1,25
3	Waktu Pelaksanaan	4	4	3	4	3,75
4	Kemungkinan Implementasi	1	1	1	1	1
5	Tingkat Kesulitan Pelaksanaan	1	1	1	1	1
6	Sarana Kerja (Peralatan)	2	3	2	2	2,25
B	**Pondasi Tiang Pancang**					
1	Biaya Awal	4	4	3	2	3,25
2	Daya Dukung	7	6	6	7	6,5
3	Waktu Pelaksanaan	8	7	7	8	7,5
4	Kemungkinan Implementasi	7	7	8	7	7,25
5	Tingkat Kesulitan Pelaksanaan	8	8	8	8	8
6	Sarana Kerja (Peralatan)	7	6	7	7	6,75
C	**Pondasi Bor (*Bored Pile*)**					
1	Biaya Awal	4	4	4	3	3,75
2	Daya Dukung	8	7	8	8	7,75
3	Waktu Pelaksanaan	7	7	8	8	7,5
4	Kemungkinan Implementasi	8	7	8	8	7,75
5	Tingkat Kesulitan Pelaksanaan	8	8	8	8	8
6	Sarana Kerja (Peralatan)	8	8	8	8	8

Rekap dari hasil analisis tingkat kelayakan pada penelitian ini dapat kita lihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Analisis Tingkat Kelayakan

ANALISIS TINGKAT KELAYAKAN

Sistem : Struktur Bawah
Item : Pondasi (3 tipe pondasi)
Fungsi : Menerima, menahan, meneruskan beban

- Penilaian masing-masing ide kreatif untuk kriteria atau faktor desain pondasi
- Penilaian antara 1-10
- Kriteria faktor :
  A : Biaya
  B : Daya dukung
  C : Waktu Pelaksanaan
  D : Kemungkinan Implementasi
  E : Tingkat kesulitan
  F : Sarana kerja (peralatan)

No	Tipe Pondasi	A	B	C	D	E	F	Total
1	Pondasi Sumuran	6,25	1,25	3,75	1	1	2,25	15,5
2	Pondasi Tiang Pancang	3,25	6,5	7,5	7,25	8	6,75	39,25
3	Pondasi Bor (*Bored Pile*)	3,75	7,75	7,5	7,75	8	8	42,75

Hasil dari analisis tingkat kelayakan bisa disimpulkan bahwa jenis pondasi alternatif yang memiliki poin dengan nilai tertinggi adalah jenis pondasi bor (*bored pile*). Hasil dari analisis ini sama dengan hasil dari analisa keuntungan dan kerugian.

Berdasarkan hasil penilaian dari masing-masing parameter kriteria desain pondasi, telah diperoleh penilaian dari parameter yang berdasarkan urutan pentingnya kriteria seperti pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Penilaian Parameter Berdasarkan Urutan Pentingnya

No	**Parameter**	**Responden**			
		1	**2**	**3**	**4**
1	Biaya Awal	5	5	5	5
2	Daya Dukung	1	1	1	1

Tabel 5.8 Lanjutan Rekapitulasi Penilaian Parameter Berdasarkan Urutan Pentingnya

No	Parameter	Responden			
		1	2	3	4
3	Waktu Pelaksanaan	4	4	4	4
4	Kemungkinan Implementasi	3	3	3	3
5	Tingkat Kesulitan Pelaksanaan	2	2	2	2
6	Sarana Kerja (Peralatan)	6	6	6	6

5.5 TAHAP PENGEMBANGAN (*DEVELOPMENT PHASE*)

Tahap pengembangan ini, adalah tahap dimana ide-ide kreatif yang telah terpilih pada tahapan sebelumnya dari pertimbangan keuntungan dan kerugiannya, tingkat kelayakannya serta pembobotan terhadap parameter kriteria yang mempengaruhi penilaian, yang selanjutnya akan dikembangkan dengan memperhitungkan potensial biaya pada alternatif yang telah terpilih. Perhitungan teknis dari struktur pondasi yang telah terpilih harus mempunyai kriteria perencanaan yang sama atau lebih baik dengan mengacu pada perencanaan desain pondasi awal (asli).

Perhitungan dari potensi penghematan, untuk menghitung biaya desain alternatif terpilih akan dipergunakan harga satuan yang sesuai kontrak (awal) yaitu pondasi bor (*bored pile*).

Perhitungan teknis dan perhitungan biaya dari jenis pondasi alternatif terpilih secara garis besar telah diperoleh dari hasil berikut ini.

5.5.1 Desain Pondasi Bor (*Bored Pile*)

1. Data Teknis

   Perhitungan dari teknis pondasi direncanakan dengan angka aman yang sama dari desain awal yaitu dengan nilai SF = 3. Beban-beban atau gaya luar yang bekerja dari pondasi yang akan diambil sesuai dengan data perencanaan desain awal dari tim perencana proyek pembangunan Gedung Rumah Sakit

Universitas Islam Indonesia. Data propertis tanah diambil sesuai dari data pada perencanaan awal yaitu hasil uji tanah yang telah dikeluarkan oleh Laboraturium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia.

A. Data bahan material yang akan dijadikan perkuatan pada pondasi bor yaitu :
   1) Mutu Beton (f'c) : 25 Mpa
   2) Mutu Baja (fy) : 400 Mpa

B. Data tanah pada dasar pondasi bor sebagai berikut :
   1) Berat volume tanah ; ws = 25 kN/m^3
   2) Sudut geser dalam ; ϕ = 38˚

C. Data teknis, dirncanakan :
   1) Lebar *Pile Cap* : 3,7 m
   2) Panjang *Pile Cap* : 1,6 m
   3) Tinggi *Pile Cap* : 1,2 m
   4) Kedalaman Pondasi : 22 m
   5) Diameter pondasi : 600 mm dan 700 mm

2. Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Bored pile*

A. Kapasitas daya dukung aksial pada pondasi bor berdiameter 600 mm

1) Berdasarkan kekuatan tanah menurut *Mayerhoff* (data pengujian SPT)

Menurut *Mayerhoff*, daya dukung ijin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$$Qult = 40 \,.\, N' \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

Dengan N' = nilai SPT terkoreksi

a) Nilai SPT hasil pengujian, N = 111 pukulan

b) Nilai SPT terkoreksi, N' = 37,4 pukulan

Hasil dari pengujian NSPT dapat dilihat pada Lampiran 2.

Daya dukung ultimit pondasi

$$Qult = 40 \,.\, 37{,}4 = 1.496{,}00 \text{ ton/m}^2 = 14.960{,}80 \text{ kN/m}^2$$

Luas penampang tiang bor,

$$A_{600\ mm} = \tfrac{1}{4} \,.\, \pi \,.\, D^2 = \tfrac{1}{4} \,.\, \pi \,.\, 0{,}6^2 = 0{,}283 \text{ m}^2$$

Angka aman, SF = 3

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Daya dukung ijin tanah,

$$Q_{all\ (600mm)} = A \cdot \frac{Q_{ult}}{SF} = 0{,}283 \cdot \frac{14.960{,}80}{3} = 1.382{,}304 \text{ kN}$$

2) Berdasarkan kekuatan tanah menurut *Reece and Wright* (tanah lempung)

Menurut *Reece and Wright*, daya dukung ijin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$$Qult = Q_P + Q_S$$

Dengan nilai $Q_P = A_{tiang} \cdot N_c \cdot C_u$

$$A_{600\ mm} = ¼ \cdot \pi \cdot D^2 = ¼ \cdot \pi \cdot 0{,}6^2 = 0{,}283 \text{ m}^2$$

Dikarenakan tanah lempung, maka nilai $N_c = 9$

Nilai C_u didapat dari data *laboraturium* sebesar 777,00 Kpa

Maka, $Q_{P(600mm)} = 0{,}283 \cdot 9 \cdot 777{,}00 = 1.978{,}020$ kN

Untuk nilai $Q_S = P \cdot \sum \alpha Cu \Delta h$

Dengan nilai keliling *bored pile*, $P_{600mm} = 1{,}886$ m

Untuk nilai $\sum \alpha Cu \Delta h$ didapat dari data *laboraturium* sebesar 3.149,790

Maka, $Q_{S(600mm)} = 1{,}886 \cdot 3.149{,}790 = 5.939{,}604$ kN

Untuk nilai C_u dan $\sum \alpha Cu \Delta h$ dapat dilihat pada Lampiran 2

Angka aman yang dipakai sebesar, $SF = 3$

Setelah kita mendapatkan hasi Q_P dan Q_S maka, kita dapat melanjutkan perhitungan daya dukung ijin tanah dengan rumus,

$$Q_{all\ (600mm)} = \frac{Q_P + Q_S}{SF} = \frac{1.978{,}020 + 5.939{,}604}{3} = 2.639{,}208 \text{ kN}$$

Untuk mengetahui jumlah tiang menggunakan rumus,

$$\text{Jumlah tiang} = \frac{beban\ aksial}{P}$$

$$\text{Jumlah tiang (600 mm)} = \frac{6.700{,}725}{2.639{,}208} = 2{,}539 \text{ tiang} = 3 \text{ tiang}$$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

B. Kapasitas daya dukung aksial pada pondasi bor berdiameter 700 mm

1) Berdasarkan kekuatan tanah menurut *Mayerhoff* (data pengujian SPT)

Menurut *Mayerhoff*, daya dukung ijin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$Qult = 40 \,.\, N'$ (ton/m^2)

Dengan N' = nilai SPT terkoreksi

a) Nilai SPT hasil pengujian, N = 111 pukulan

b) Nilai SPT terkoreksi, N' = 37,4 pukulan

Hasil dari pengujian NSPT dapat dilihat pada Lampiran 2.

Daya dukung ultimit pondasi

$Qult = 40 \,.\, 37{,}4 = 1.496{,}00$ ton/m^2 = 14.960,80 kN/m^2

Luas penampang tiang bor,

$A_{700\ mm} = ¼ \,.\, \pi \,.\, D^2 = ¼ \,.\, \pi \,.\, 0{,}7^2 = 0{,}385$ m^2

Angka aman, SF = 3

Daya dukung ijin tanah,

$$Q_{all\ (700mm)} = A \,.\, \frac{Qult}{SF} = 0{,}385 \,.\, \frac{14.960{,}80}{3} = 1.881{,}469 \text{ kN}$$

2) Berdasarkan kekuatan tanah menurut *Reece and Wright* (tanah lempung)

Menurut *Reece and Wright*, daya dukung ijin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$Qult = Q_P + Q_S$

Dengan nilai $Q_P = A_{tiang} \,.\, N_c \,.\, C_u$

$A_{700\ mm} = ¼ \,.\, \pi \,.\, D^2 = ¼ \,.\, \pi \,.\, 0{,}7^2 = 0{,}385$ m^2

Dikarenakan tanah lempung, maka nilai N_c = 9

Nilai C_u didapat dari data *laboraturium* sebesar 777,00 Kpa

Maka, $Q_{P(700mm)} = 0{,}385 \,.\, 9 \,.\, 777{,}00 = 2.691{,}305$ kN

Untuk nilai $Q_S = P \,.\, \sum \alpha Cu \Delta h$

Dengan nilai keliling *bored pile*, P_{700mm} = 2,200 m

Untuk nilai $\sum \alpha Cu \Delta h$ didapat dari data *laboraturium* sebesar 3.149,790

Maka, $Q_{S(700mm)} = 2{,}200 \,.\, 3.149{,}790 = 6.929{,}538$ kN

Untuk nilai C_u dan $\sum \alpha Cu \Delta h$ dapat dilihat pada Lampiran 2

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Angka aman yang dipakai sebesar, *SF* = 3

Setelah kita mendapatkan hasi Q_P dan Q_S maka, kita dapat melanjutkan perhitungan daya dukung ijin tanah dengan rumus,

$$P_{ijin\ (700mm)} = \frac{Q_P + Q_S}{SF} = \frac{2.691{,}305 + 6.929{,}538}{3} = 3.207{,}281 \text{ kN}$$

Untuk mengetahui jumlah tiang menggunakan rumus,

$$\text{Jumlah tiang} = \frac{beban\ aksial}{\text{P}}$$

$$\text{Jumlah tiang (700 mm)} = \frac{6.700{,}725}{3.207{,}281} = 2{,}089 \text{ tiang} = 3 \text{ tiang}$$

Hasil rekapitulasi dari perhitungan daya dukung pondasi bor dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5. 9 Rekap Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*

No	Uraian Daya Dukung Aksial Tiang Bor (*Bored Pile*)	P (kN)	
		600 mm	700 mm
1	Berdasarkan metode *Mayerhoff* (Pengujian SPT)	1.382,304	1.881,469
2	Berdasarkan metode *Reece and Wright* (Jenis Tanah)	2.639,208	3.207,281
Diambil daya dukung aksial ijin *bored pile* :		Q_{all} = 1.382,304	1.881,469

C. Daya dukung lateral ijin *bored pile*

Tebal *pile cap*, $L_a = h_p$ = 1,20 m

Lebar arah Y, B_y = 1,60 m

Sudut geser, ϕ = 38˚

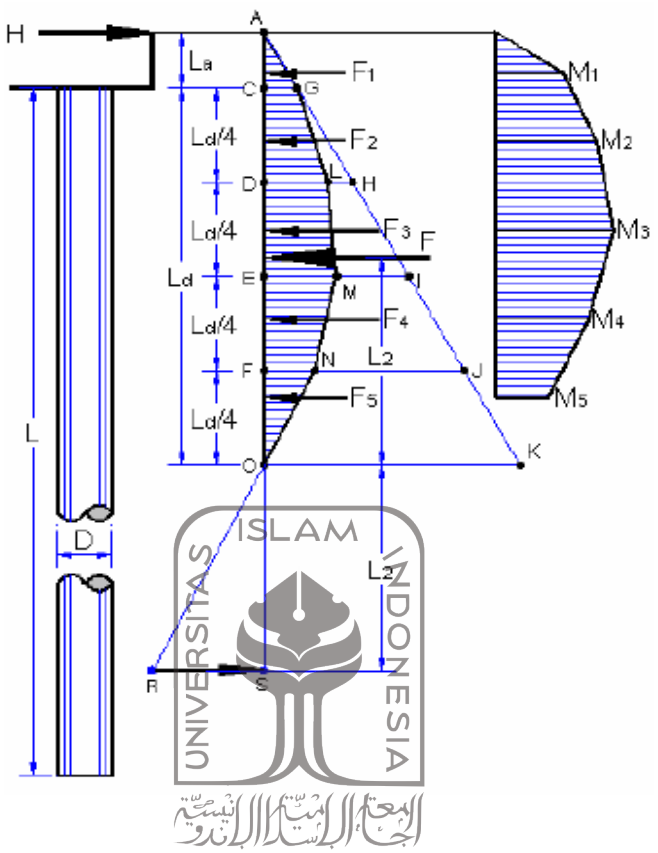
Berat tanah, γ = 20,384 kN/m^3

Panjang efektif *bored pile*, L_e = 22 m

Panjang jepitan tiang, L_d = 1/3 . L_e = 1/3 . 22 = 7,333 m

Koefisien tekanan tanah pasif, $K_p = tan^2 (45 + \frac{\phi}{2}) = 4{,}204$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Gambar 5. 3 Diagram Tekanan Tanah Pasif

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Hasil perhitungan dari tekanan tanah pasif efektif dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5. 10 Tekanan Tanah Pasif Efektif

Bag.	Kedalaman	H (m)	*H. ws. Kp* (kN/m^2)	Bagian	*P* (kN/m^2)
OK	La + Ld =	8,533	731,214	O	0
FJ	La + ¾ . Ld =	6,700	574,117	FN = ¼ . FJ	143,529
EI	La + ½ . Ld =	4,867	417,021	EM = ½ . EI	208,510
DH	La + ¼ . Ld =	3,033	259,924	DL = ¾ . DH	173,283
CG	La =	1,200	102,827	CG	102,827

Hasil perhitungan dari gaya dan momen akibat tekanan tanah pasif efektif dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5. 11 Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah Pasif Efektif

Kode	P_1 (kN/m^2)	P_2 (kN/m^2)	Panjang Bagian		F (kN)	Lengan thd. O (m)	M (kNm)
			Notasi	(m)			
F1	0	143,529	La =	1,200	137,788	3,644	502,161
F2	143,529	208,510	Ld / 4 =	1,833	516,325	6,111	3.155,318
F3	208,510	173,283	Ld / 4 =	1,833	559,963	4,278	2.395,396
F4	173,283	102,827	Ld / 4 =	1,833	404,961	3,056	1.237,380
F5	102,827	0	Ld / 4 =	1,833	150,813	1,222	184,327
				Jumlah	1.769,849	Jumlah	7.474,584

Jarak tekanan tanah maksimum ke pusat rotasi :

$$L_2 = \frac{M}{F} = \frac{7.474,587}{1.769,849} = 4,223 \text{ m}$$

Gaya lateral,

$$H = \frac{F \,.\, 2 \,.\, L_2}{L_2 + L_d + L_a} = \frac{1.769,849 \,.\, 2 \,.\, 4,223}{4,223 + 7,333 + 1,2} = 1.171,875 \text{ kN}$$

Jumlah baris tiang, n_y = 1 buah

n_x = 3 buah

Angka aman, SF = 1,2

Daya dukung ijin lateral satu tiang bor,

$$H_{ijin} = \frac{H}{n_x \,.\, n_y \,.\, SF} = \frac{1.171,875}{3 \,.\, 1 \,.\, 1,2} = 325,521 \text{ kN}$$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

D. Momen maksimum akibat gaya lateral

Hasil perhitungan bending momen diagram dengan cara bending momen diagram (BMD) dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5. 12 Perhitungan Bending Momen Diagram

Kode	Lengan		Momen Mh_i (kNm)	Fi . yi (kNm)					Diagram Mi (kNm)
	Notasi	h_i (m)		F1	F2	F3	F4	F5	
M_1	2/3 La	0,800	937,50						937,50
M_2	La + 1/8 Ld	2,117	2.480,46	181,42					2.299,04
M_3	La + 1/8 Ld	3,950	4.628,90	434,03	946,59				3.248,27
M_4	La + 1/8 Ld	5,783	6.777,34	686,64	1.893,19	1.026,59			3.170,91
M_5	La + 1/8 Ld	7,311	8.567,70	897,15	2.682,02	1.882,09	230,409		2.876,02

Momen terbesar, M_{maks} = 3.248,27 kNm

Jumlah baris tiang, n_y = 1 buah

Jumlah tiang bor per baris, n_x = 3 buah

Angka aman, SF = 3

Momen maksimum yang diijinkan untuk satu tiang bor akibat gaya lateral adalah,

$$M_{maks} = \frac{M_{maks}}{n_x \,.\, n_y \,.\, SF} = \frac{3.248,27}{3 \,.\, 1 \,.\, 3} = 360,920 \text{ kNm}$$

3. Kapasitas dukung kelompok tiang

A. Kapasitas dukung ultimit tiang individu pada pondasi bor berdiameter 600 mm

Diketagui, n_x = 3 tiang

n_y = 1 tiang

$\sum Q_u = n_x \,.\, n_y \,.\, Q_{ulit}$

$\sum Q_{u\,(600\ mm)} = 3 \,.\, 1 \,.\, 7.917,624 = 23.752,872$ kN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

B. Kapasitas dukung ultimit tiang individu pada pondasi bor berdiameter 700 mm

Diketagui, n_x = 3 tiang

n_y = 1 tiang

$\sum Q_u = n_x \,.\, n_y \,.\, Q_{ulit}$

$\sum Q_{u\,(700\ mm)}$ = 3 . 1 . 9.621,843 = 28.865,529 kN

C. Kapasitas dukung ultimit blok beraturan pada pondasi bor berdiameter 600 mm

Diketahui, L_g = 3,7 m

B_g = 1,6 m

C_u = 777,000 Kpa

N_c = 9

$\sum 2 \,.\, (L_g \,.\, D) \,.\, C_u \,.\, \Delta L$ = 33.796,392

Maka, untuk mendapatkan kapasitas dukung ultimit blok beraturan,

$\sum Q_u = L_g \,.\, B_g \,.\, C_u \,.\, N_c + \sum 2 \,.\, (L_g \,.\, D) \,.\, C_u \,.\, \Delta L$

$\sum Q_{u\,(600\ mm)}$ = 3,7 . 1,6 . 9 + 33.796,392 = 75.194,952 kN

D. Kapasitas dukung ultimit blok beraturan pada pondasi bor berdiameter 700 mm

Diketahui, L_g = 3,7 m

B_g = 1,6 m

C_u = 777,000 Kpa

N_c = 9

$\sum 2 \,.\, (L_g \,.\, D) \,.\, C_u \,.\, \Delta L$ = 33.796,392

Maka, untuk mendapatkan kapasitas dukung ultimit blok beraturan,

$\sum Q_u = L_g \,.\, B_g \,.\, C_u \,.\, N_c + \sum 2 \,.\, (L_g \,.\, D) \,.\, C_u \,.\, \Delta L$

$\sum Q_{u\,(700\ mm)}$ = 3,7 . 1,6 . 9 + 39.429,124 = 80.827,684 kN

E. Kapasitas dukung ijin kelompok tiang

$Qall = \frac{\sum Qu}{SF}$; dengan nilai SF = 3

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Hasil rekapitulasi kapasitas dukung ijin kelompok tiang dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Ijin Kelompok Tiang

No	Uraian Perhitungan Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang	Q_{ult} (kN)		*Qall* (kN)	
		600 mm	700 mm	600 mm	700 mm
1	Kapasitas dukung kelompok tiang	23.752,872	28.865,529	7.917,624	9.621,843
2	Kapasitas dukung blok beraturan	75.194,952	80.827,684	25.1064,984	26.942,561

Diambil *Qall* yang terkecil, maka

Qall $_{(600mm)}$ = 7.917,624 > 6.700,725 (AMAN)

Qall $_{(700mm)}$ = 9.621,821 > 6.700,725 (AMAN)

F. Distribusi beban pada pondasi kelompok tiang

Berikut adalah contoh perhitungan distribusi beban pada pondasi kelompok tiang.

Diketahui, Berat jenis beton = 25 kN/m^3

Luas *pile cap* = 5,920 m^2

Tinggi *pile cap* = 1,2 m

Luas *bored pile* 600 mm = 0,503 m^2

Tinggi *bored pile* = 22 m

Jumal tiang *bored pile* (n) = 3 buah

Berat *bored pile* dan *pile cap* = BJ beton x L *pile cap* x H *pile cap* x L *bored pile* x H *bored pile* x n

Berat *bored pile* dan *pile cap*

600 mm = 5.894,290 kN

Beban aksial kolom (P) = 6.700,725 kN

Beban aksial (V) = P + Berat *bored pile* dan berat *pile cap*

Beban aksial (V) 600 mm = 12.595,015 kN

Momen arah x (Mx) = 204,762 kN

Momen arah y (My) = 199,911 kN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

x = 10,5 m

y = 0,4 m

n_y = 1 buah

n_x = 3 buah

$\sum x^2 \,.\, n_y$ = 330,750 kN

$\sum y^2 \,.\, n_x$ = 0,480 kN

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \,.\, x}{\sum x^2 \,.\, n_y} \pm \frac{M_x \,.\, y}{\sum y^2 \,.\, n_x}$$

$$P = \frac{12.595,015}{3} \pm \frac{199,911 \,.\, 10,5}{330,750} \pm \frac{204,762 \,.\, 0,4}{0,480}$$

P = 4.198,580

Dengan cara yang sama seperti diatas maka didapat hasil rekap dari beban vertikal dan momen pada setiap jenis diameter pondasi dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5. 14 Beban Vertikal dan Momen

No	X	Y	P	
			600 mm	700 mm
1	10,5	0,4	4.198,580	3.738,089
2	- 10,5	- 0,4	4.198,097	3.737,605

Dari hasil perhitungan beban vertikal dan momen, didapat hasil *P* 600 mm < *Qall* = 4.198,580 < 7.917,624 dan *P* 700 mm < *Qall* = 3.738,089 < 9.621,821 maka hasil tersebut kategori AMAN.

G. Pembesian *bored pile* (tiang bor)

1) Tulangan longitudinal tekan lentur pada pondasi bor berdiameter 600 mm.

   Berikut adalah contoh perhitungan pembesian tulangan pokok pada pondasi.

Qall didapat dari perhitungan kontrol gaya pada tiang bor terhadap daya dukung ijin aksial. M_{maks} didapat dari perhitungan momen maksimum yang diijinkan untuk satu tiang bor akibat dari gaya lateral.

$P_{maks\ (600\ mm)} = P_{ijin\ (600mm)}$ = 1.382,304 kN

M_{maks} = 3.248,278 kN

Faktor beban ultimit, K = 1,5

Kuat tekan beton, $f'c$ = 25 Mpa

Diameter tiang bor, D = 600 mm

$\phi, P_n = P_u$ = 2.073,456 kN

$\phi, M_n = M_u$ = 4.872,417 kNm

Luas penampang *bored pile*,

$A_g = ¼ \cdot \pi \cdot D^2$

$A_{g(600\ mm)}$ = 282.743,339 mm^2

$$\frac{\phi, P_n}{f'c \cdot A_{g(600\ mm)}} = 0{,}293$$

$$\frac{\phi, M_n}{f'c \cdot A_{g(600\ mm)} \cdot D} = 1{,}149$$

Plot nilai $\frac{\phi, P_n}{f'c \cdot A_g}$ dan $\frac{\phi, M_n}{f'c \cdot A_g \cdot D}$ ke dalam diagram M_n P_n dan didapat nilai, ρ = 1%

Luas tulangan yang diperoleh,

$A_s = \rho \cdot A_g$

$A_{s\ (600\ mm)}$ = 2.827,433 mm^2

Diameter besi yang digunakan, D19, D16, D22

$A_{1D19} = ¼ \cdot \pi \cdot D^2$

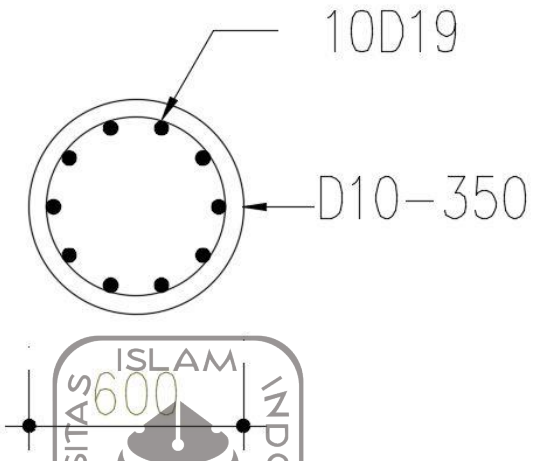
$n = \frac{A_g}{A_{1D19}}$

$A_{1D19\ (600\ mm)}$ = 283,643 mm^2

n (600 mm) = 9,968 buah = 10 buah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Maka, kebutuhan pembesian untuk tulangan pokok pada tiang bor (*bored pile*), diameter 600 mm adalah **10D19** dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. 4 Penulangan Pembesian Pondasi Bor Diameter 600 mm

2) Tulangan longitudinal tekan lentur pada pondasi bor berdiameter 700 mm.

Berikut adalah contoh perhitungan pembesian tulangan pokok pada pondasi.

Qall didapat dari perhitungan kontrol gaya pada tiang bor terhadap daya dukung ijin aksial. M_{maks} didapat dari perhitungan momen maksimum yang diijinkan untuk satu tiang bor akibat dari gaya lateral.

$P_{maks\ (700\ mm)} = P_{ijin\ (700mm)}$ = 1.881,469 kN

M_{maks} = 3.248,278 kN

Faktor beban ultimit, K = 1,5

Kuat tekan beton, $f'c$ = 25 Mpa

Diameter tiang bor, D = 700 mm

$\phi, P_n = P_u$ = 2.073,456 kN

$\phi, M_n = M_u$ = 4.872,417 kNm

Luas penampang *bored pile*,

$A_g = ¼ . \pi . D^2$

$A_{g(700\ mm)}$ = 384.845,100 mm^2

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

$$\frac{\phi,P_n}{f'c\ .\ A_{g(700\ mm)}} = 0{,}293$$

$$\frac{\phi,M_n}{f'c\ .\ A_{g(700\ mm)}\ .D} = 0{,}723$$

Plot nilai $\frac{\phi,P_n}{f'c\ .\ A_g}$ dan $\frac{\phi,M_n}{f'c\ .\ A_g\ .D}$ ke dalam diagram $M_n\ P_n$ dan didapat nilai, ρ = 1%

Luas tulangan yang diperoleh,

$A_s = \rho\ .\ A_g$

$A_{s\ (700\ mm)}$ = 3.848,451 mm^2

Diameter besi yang digunakan, D19, D16, D22

$A_{1D19} = ¼\ .\ \pi\ .\ D^2$

$n = \frac{A_g}{A_{1D19}}$

$A_{1D19\ (700\ mm)}$ = 283,643 mm^2

n (700 mm)= 13,568 buah = 14 buah

Maka, kebutuhan pembesian untuk tulangan pokok pada tiang bor (*bored pile*), diameter 700 mm adalah **14D19** dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. 5 Penulangan Pembesian Pondasi Bor Diameter 700 mm

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3) Tulangan geser pada pondasi bor berdiameter 600 mm.

Berikut adalah contoh perhitungan pembesian tulangan geser pada pondasi.

Momen ultimit, M_u = 4.872,417 kNm

Gaya aksial ultimit, $P_{maks} = P_{ijin\ (600mm)}$ = 1.382,304 kN

Gaya lateral ijin, h_{ijin} = 325,521 kN

Kuat tekan beton, f'_c = 25 Mpa

Tegangan leleh baja, f_y = 400 Mpa

Faktor reduksi kekuatan geser, ø = 0,6

Pangjang *bored pile*, L = 22 m

Diameter *bored pile*, D = 600 mm

Penutup beton, P_b = 70 mm

Diameter tulangan lentur, D = 19 mm

Diameter tulangan geser, D = 10 mm

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = P_b + D_{tul.geser} + D_{tul.lentur} / 2$$

d'_{D19} = 94 mm

Tebal ekivalen penampang,

$$h = \sqrt{A_g}$$

$h_{600\ mm}$ = 531,736 mm

Lebar ekivalen penampang,

$b = h_{600\ \text{mm}}$ = 531,736 mm

Tebal efektif,

$$d = h - d'$$

$d_{D19\ (600\ mm)}$ = 437,736 mm

Gaya geser ultimit akibat momen,

$$V_u = \frac{M_u}{L}$$

V_u = 221.473,490 N

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral,

$$V_u = \frac{1}{3} . K . h_{ijin}$$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

V_u = 162.760,407 N

Diambil gaya geser ultimit rencana, V_u = 221.473,490 N

Kuat geser beton,

$$V_c = \left(1 + \frac{P_u}{14 \,.\, A_g}\right) . \frac{1}{6} . \sqrt{f'_c \,.\, b \,.\, d}$$

$V_{c\ D19\ (600\ mm)}$ = 392.948,339 N

$ø.\ V_{c\ D19\ (600\ mm)}$ = 235.769,004 N > V_u = 221.473,490 N

$½ \,.\, ø.\ V_{c\ D19\ (600\ mm)}$ = 117.884,502 N < V_u = 221.473,490 N N

Dipakai tulangan D10,

$A_v = 2 \,.\, ¼ \,.\, \pi \,.\, D^2$

$A_{v\ D10}$ = 157.080 mm^2

Jarak tulangan geser yang diperlukan,

$$s = \frac{3 \,.\, A_v \,.\, f_y}{b}$$

$s_{(600\ mm)}$ = 354,491 mm = 350 mm

Dipakai tulangan geser untuk jenis pondasi tiang bor dengan diameter 600 mm adalah **D10 – 350 mm.**

4) Tulangan geser pada pondasi bor berdiameter 700 mm.

Berikut adalah contoh perhitungan pembesian tulangan geser pada pondasi.

Momen ultimit, M_u = 4.872,417 kNm

Gaya aksial ultimit, $P_{maks} = P_{ijin\ (700mm)}$ = 3.207,281 kN

Gaya lateral ijin, h_{ijin} = 325,521 kN

Kuat tekan beton, f'_c = 25 Mpa

Tegangan leleh baja, f_y = 400 Mpa

Faktor reduksi kekuatan geser, $ø$ = 0,6

Pangjang *bored pile*, L = 22 m

Diameter *bored pile*, D = 700 mm

Penutup beton, P_b = 70 mm

Diameter tulangan lentur, D = 19 mm

Diameter tulangan geser, D = 10 mm

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$d' = P_b + D_{tul.geser} + D_{tul.lentur} / 2$

d'_{D19} = 94 mm

Tebal ekivalen penampang,

$h = \sqrt{A_g}$

$h_{700\ mm}$ = 620,359 mm

Lebar ekivalen penampang,

$b = h_{700\ mm}$ = 620,359 mm

Tebal efektif,

$d = h - d'$

$d_{D19\ (700\ mm)}$ = 526,359 mm

Gaya geser ultimit akibat momen,

$V_u = \frac{M_u}{L}$

V_u = 221.473,490 N

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral,

$V_u = \frac{1}{3} . K . h_{ijin}$

V_u = 162.760,407 N

Diambil gaya geser ultimit rencana, V_u = 221.473,490 N

Kuat geser beton,

$V_{c\ D19\ (700\ mm)}$ = 632.394,321 N

$ø. V_{c\ D19\ (700\ mm)}$ = 379.436,592 N > V_u = 221.473,490 N

$½ . ø. V_{c\ D19\ (700\ mm)}$ = 189.718,296 N < V_u = 221.473,490 N

Dipakai tulangan D10,

$A_v = 2 . ¼ . \pi . D^2$

$A_{v\ D10}$ = 157.080 mm^2

Jarak tulangan geser yang diperlukan,

$s = \frac{3 . A_v . f_y}{b}$

$s_{(700\ mm)}$ = 303,849 mm = 300 mm

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dipakai tulangan geser untuk jenis pondasi tiang bor dengan diameter 700 mm adalah **D10 – 300 mm**.

Dengan cara yang sama seperti diatas didapat hasil rekapitulasi seluruh kebutuhan tulangan pokok dan tulangan geser dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Pembesian Pondasi *Bored Pile*

No	Jenis Tulangan	Diameter Pondasi	
		600 mm	700 mm
1	Tulangan Pokok		
A	D16	13D16	20D16
B	D19	10D19	14D19
C	D22	7D22	11D22
2	Tulangan Geser		
	D10	D10-350 mm	D10-300 mm

Gambar keselutuhan detil pondasi dapat dilihat pada lampiran 3.

5.5.2 Perhitungan Anggaran Biaya Pondasi Bor

Sebagai asumsi, perhitungan dari biaya dipergunakan harga kontrak (awal) untuk pondasi bor (*bored pile*) tanpa adanya eskalasi harga hingga disusunnya tugas akhir ini dimana data harga satuan kontrak sebagai pembanding. Perhitungan biaya untuk desain pondasi alternatif terpilih yaitu pondasi bor dengan perbedaan dimensi dengan menggunakan harga bahan dan upah tenaga kerja yang sama dan ada beberapa harga yang berbeda dengan adanya perbedaan dimensi.

Rekapitulasi rencana anggaran biaya (RAB) pondasi bor dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 800 mm

REKAPITULASI			
REKAPITULASI PEKERJAAN STRUKTUR			
JOB ID	DESCRIPTION	AMOUNT (IDR)	PERSENTASE (%)
	PEKERJAAN BORED PILE (PELAKSANAAN)	1.995.991.186,27	
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	1.995.991.186,27	
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	1.990.767.479,99	
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	1.973.227.333,41	
	SELISIH BIAYA		
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	-	0,00%
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	5.223.706,27	0,26%
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	22.763.852,85	1,14%

Tabel 5. 17 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 700 mm

REKAPITULASI			
REKAPITULASI PEKERJAAN STRUKTUR			
JOB ID	DESCRIPTION	AMOUNT (IDR)	PERSENTASE (%)
	PEKERJAAN BORED PILE (PELAKSANAAN)	1.995.991.186,27	
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	2.222.694.138,62	
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	2.211.576.648,81	
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	2.220.188.437,07	
	SELISIH BIAYA		
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	(226.702.952,36)	-11,36%
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	(215.585.462,55)	-10,80%
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	(224.197.250,81)	-11,23%

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5. 18 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 600 mm

REKAPITULASI			
REKAPITULASI PEKERJAAN STRUKTUR			
JOB ID	DESCRIPTION	AMOUNT (IDR)	PERSENTASE (%)
	PEKERJAAN BORED PILE (PELAKSANAAN)	1.995.991.186,27	
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	2.093.893.180,97	
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	2.207.298.075,85	
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	2.204.883.541,64	
	SELISIH BIAYA		
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	(97.901.994,70)	-4,90%
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	(211.306.889,58)	-10,59%
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	(208.892.355,37)	-10,47%

5.6 TAHAP REKOMENDASI (*RECOMENDATION PHASE*)

Tahap rekomendasi ini adalah tahap terakhir dari studi *value engineering* (rekayasa nilai). Tahap rekomendasi ini berisi laporan akhir dari hasil studi rekayasa nilai berupa pengajuan ide alternatif terbaik yang diusulkan agar dapat diterima. Tahap rekomendasi disajikan dengan lengkap dari hasil studi *value engineering* (rekayasa nilai) yang meliputi keunggulan konsep dari usulan desain baru. Data-data yang disampaikan adalah sebegai berikut ini.

1. Desain pondasi alternatif yang terbaik,
2. Hasil desain (struktur pondasi alternatif),
3. Rencana anggaran biaya (RAB) pekerjaan pondasi alternatif.

Tahap ini memiliki tujuan agar meyakini *owner* atau pengambil keputusan bahwa alternatif desain yang diusulkan atau yang direkomendasikan merupakan alternatif desain yang terbaik. Hasil pada tahapan ini dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5. 19 Tahap Pengembangan dan Tahap Rekomendasi

Proyek : Pembangunan Gedung Rumah Sakit UII Lokasi : Jl. Srandakan Km. 5,5, Dsn. Pandak, Kel. Wijirejo, Kec. Pandak, Kab. Bantul, Prov. Yogyakarta Klien : Wakaf UII Tanggal : 11 Juli 2017	**TAHAP PENGEMBANGAN DAN REKOMENDASI** **(*DEVELOPMENT AND RECOMMENDATION PHASE)***	
	ITEM : PONDASI	**NO : 01**

Konsep Asal (*Original Concept*) :

Konsep dari desain pondasi yang asli atau konsep awal menggunakan desain pondasi dalam dengan jenis pondasi bor atau *bored pile* dengan kedalaman 22 meter dan dengan menggunakan diameter 800 mm. Untuk tulangan yang digunakan pada pondasi bor ini adalah menggunakan tulangan pokok 16D19 dan tulangan sengkang D10 – 100. Desain awal mempunyai daya dukung yang cukup besar dan membutuhkan dana sebesar Rp. 1.995.991.186,26 .

Usulan Perubahan (*Proposed Change*) :

Konsep yang akan dipakai dan direkomendasikan tidak jauh berbeda dengan konsep awal pada pondasi, yakni menggunakan pondasi bor. Akan tetapi ada sedikit perubahan dalam menggunakan tulangan, yakni tulangan pokok yang digunakan adalah 12D22 dan tulangan sengkang digunakan adalah D10 – 100. Dana yang dibutuhkan untuk pengerjaan pondasi ini adalah sebesar Rp. 1.973.227.333,41 .

Diskusi (*Discussion*) :

Hasil analisis yang telah dilakukan terdapat nilai penghematan biaya (*saving initial cost*) sebesar Rp. 22.763.852,85 atau sebesar 1,14%.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.7 PEMBAHASAN

Ide-ide usulan jenis pondasi yang telah direkomendasikan adalah usulan yang memiliki nilai keuntungan terbesar. Berdasarkan dari hasil analisis keuntungan dan kerugian, usulan pondasi bor terlihat sebagai alternatif pertama dengan nilai keuntungan sebesar +5,00, dimana dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Pondasi sumuran mempunyai nilai kerugian sebesar -1,75
2. Pondasi tiang pancang mempunyai nilai keuntungan sebesar +4,75
3. Pondasi bor (*bored pile*) mempunyai nilai keuntungan sebesar +5,00

Hasil tersebut diperoleh dari hasil kuisioner yang diberikan kepada narasumber sesuai dengan pengalaman masing-masing.

Sedangkan dari hasil analisis yang berdasarkan tingkat kelayakan dapat disimpulkan bahwa jenis pondasi alternatif yang memiliki poin dengan nilai tertinggi adalah jenis pondasi bor (*bored pile*) yang memiliki nilai sebesar 42,75, seperti berikut ini.

1. Pondasi sumuran memperoleh nilai 15,50
2. Pondasi tiang pancang memperoleh nilai 39,25
3. Pondasi bor (*bored pile*) memperoleh nilai 42,75

Dari hasil analisis tingkat kelayakan ini sama dengan hasil dari analisis keuntungan dan kerugian dengan pemilihan jenis pondasi bor menjadi alternatif terbaik dan tepat.

Pada kasus penelitian ini dari kedua analisis yang dilakukan memiliki hasil yang sama, yaitu alternatif dari usulan jenis pondasi bor menjadi alternatif terbaik.

Alternatif dari jenis pondasi yang terpilih, selanjutnya dilakukan perhitungan atau perencanaan yang lebih lanjut. Perhitungan pondasi bor dihitung berdasarkan beban struktur yang bekerja. Hasil dari desain pondasi bor dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5. 20 Hasil Desain Pondasi Bor (*Bored Pile*)

URAIAN	TULANGAN POKOK	TULUNGAN SENGKANG
Pondasi Bor (*Bored Pile*) 800 mm	12D22	D10 – 100

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tahapan yang dilakukan selanjutnya setelah dilakukannya perencanaan dimensi dan kekuatan struktur pondasi adalah melakukan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB).

Hasil perhitungan RAB pondasi bor (*bored pile*) dengan hanya memperhitungkan *direct cost* (biaya material, upah tenaga, dan alat) didapat total biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan sebesar Rp. 1.973.227.333,41.

Dari total biaya RAB alternatif pondasi terpilih diperoleh besar penghematan biaya sebagai berikut ini.

1. Besar Penghematan *Initial Cost* = Rp. 1.995.991.186,26 - Rp. 1.973.227.333,41

   = Rp. 22.763.852,85

2. Persentase Penghematan *Initial Cost* = $\frac{22.763.852,85}{1.995.991.186,26}$ x 100 %

   = 1,14%.

Akan tetapi, diakrenakan pada tahap perencanaan dan tahap pelaksanaan dalam pekerjaan pondasi bor di lapangan yang memiliki hasil cukup signifikan akan perbedaan hasil dari pengujian PDA Tes dan pada perencana, maka dapat diduga jika hasil dari alternatif desain yang telah disusun oleh peneliti yang menggunakan metode *value engineering* ini adalah sebagai berikut:

1. penggunaan jumlah pondasi bor dari hasil perencanaan berjumlah 2 (dua) buah berdiameter 800 mm, dan untuk perhitungan ulang dengan diameter 700 mm diperoleh 2,089 buah dan digenapkan menjadi 3 (tiga) buah pondasi. Jika pada pelaksanaan pemasangan pondasi diameter 700 mm dikurangi yang awalnya berjumlah 2,089 buah yang digenapkan menjadi 3 buah dan dikurangi menjadi 2 buah maka pada rencana anggaran biaya mengalami pengurangan biaya yang cukup siknifikan yang dapat dilihat pada poin 2 dibawah. Akan tetapi dari hasil perhitungan daya dukung pengelompokan tiang hasilnya tidak aman, dikarenakan hasilnya kurang dari besar beban vertikal yaitu 6.414,562 kN < 6.700 kN.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2. jika penggunaan pondasi dengan diameter 700 mm yang berjumlah 2 (dua) buah, maka keuntungan dari metode ini adalah pada penggunaan dana proyek yang semakin minim yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5. 21 Rekapitulasi RAB Pondasi Bor Diameter 700 mm

REKAPITULASI			
REKAPITULASI PEKERJAAN STRUKTUR			
JOB ID	DESCRIPTION	AMOUNT (IDR)	PERSENTASE (%)
	PEKERJAAN BORED PILE (PELAKSANAAN)	1.510.446.050,42	
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	1.427.948.003,29	
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	1.423.718.450,97	
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	1.427.838.385,87	
	SELISIH BIAYA		
1	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D19)	82.498.047,13	5,46%
2	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D16)	86.727.599,45	5,74%
3	PEKERJAAN BORED PILE F2 (D22)	82.607.664,55	5,47%

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Dengan ini, maka kesimpulan yang diperoleh untuk pemilihan alternatif desain pondasi dan penghematan biaya pada RAB pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan metode *value engineering* (rekayasa nilai) diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Diperoleh alternatif desain terbaik yang diusulkan adalah pondasi bor (*bored pile*).
2. Desain alternatif ini didapat biaya konstruksi atau biaya pelaksanaan yang lebih ekonomis dengan anggaran biaya sebesar Rp. 1.973.227.333,41 sehingga didapat penghematan biaya sebesar Rp. 22.763.852,85 atau 1,14%.

6.2 SARAN

Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan dan kesimpulan yang telah diperoleh, berikut beberapa saran diantaranya sebagai berikut ini.

1. Penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) sangat baik bila dilakukan pada tahap awal atau tahap desain dengan tujuan memperoleh penghematan sesuai dengan tujuan studi.
2. Penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) dapat diterapkan atau dipraktekkan pada berbagai item pengerjaan dengan perubahan desain, perubahan jenis material dan perubahan metode kerja, hal ini dapat sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DAFTAR PUSTAKA

ABMA, V. (2015). *Value Engineering (Rekayasa Nilai) Pada Pekerjaan Struktur Pondasi Bangunan Gedung.* Tesis (Tidak Diterbitkan): Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

AFFANDI. (2003). *Optimasi Biaya Pembangunan Gedung.* Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan): Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

ALINAPIAH. (2007). *Aplikasi Rekayasa Nilai Pada Pondasi Bangunan Pasar Tradisional Rumbai Kota Pekanbaru.* Tesis (Tidak Diterbitkan): Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Bowles, J. (1996). *Foundation Analysis and Design.* 5thEdition: McGraw-Hill, 1175 p.

CHANDRA, S. C. (1986). *Aplikasi Analisis Teknis dan Nilai Dalam Perencanaan Dan Pelaksanaan.* PT. Arcadia Chandra, Jakarta.

Hasan, L. (t.thn.). *Foundation Engineering Pile Foundation 1.* PDF: Universitas Islam Indonesia.

Hasan, L. (t.thn.). *Foundation Engineering Pile Foundation 2.* PDF: Universitas Islam Indonesia.

Milles, L. (1972). *Teknik Untuk Analisa Nilai Dan Rekayasa Nilai.* Terjemahan oleh Retno, Diah. P.: Universitas Muhammadiyah Malang.

O.K.MHD.RIZKY.P. (2007). *Aplikasi Value Engineering Pada Pekerjaan Atap.* Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan): Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Reese, L., & O'neill, M. (1989). *New Deign and Methodfor Drilled Shaft from Common soil and rock test.* Foundation Eng. Current principles and Practices, pp. 1026-1039.

Reese, L., & Wright, S. (1977). *Drilled Shaft Design and Construction Guideliness Manual.*

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Rumintang, A. (2008). *Analisa Rekayasa NIlai Pekerjaan Struktur Gedung Teknik Informatika UPN Veteran Jawa Timur.* Jurnal Rekayasa Perencanaan. Vol. 4. No. 2: Jawa Timur

Siregar, Basyah, A., & Samadhi, T. A. (1987). *Manajemen.* ITB: Bandung.

TADJUDDIN. (1994). *Penerapan Rekayasa Nilai Pada Jembatan Kampus Terpadu UII Yogyakarta.* Tesis (Tidak Diterbitkan): Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Widodo, P. I. (2012). *Design of Pile Foundations.* Department of Civil Engineering Earthquake Engineering Management Master Program: Faculty of Civil Engineering and Planning Islamic University of Indonesia, Yogyakarta.

Zimmerman, L., & Glen, D. (1982). *Value Engineering: A Practical Approach For Owner.* Desainer and Contractor: Van Nostrand Reinhold, New York.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

LAMPIRAN

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

LAMPIRAN 1

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

LAMPIRAN 2

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

Lampiran 2-2.1 Tabel Hasil Pengujian Laboraturium

lapis	N	Cu (Kpa)	Cu/Pr	α	Δh (m)	Δh.Cu.α	Σ2.(Lg.D).cu.ΔL
2.000	27.000	189.000	1.890	0.550	0.200	20.790	167.832
4.000	25.000	175.000	1.750	0.550	2.000	192.500	1,554.000
6.000	27.000	189.000	1.890	0.550	2.000	207.900	1,678.320
8.000	43.000	301.000	3.010	0.420	2.000	252.840	2,672.880
10.000	32.000	224.000	2.240	0.490	2.000	219.520	1,989.120
12.000	40.000	280.000	2.800	0.490	2.000	274.400	2,486.400
14.000	12.000	84.000	0.840	0.550	2.000	92.400	745.920
16.000	22.000	154.000	1.540	0.550	2.000	169.400	1,367.520
18.000	16.000	112.000	1.120	0.550	2.000	123.200	994.560
20.000	82.000	574.000	5.740	0.350	2.000	401.800	5,097.120
22.000	111.000	777.000	7.770	0.320	2.000	497.280	6,899.760
24.000	74.000	518.000	5.180	0.350	2.000	362.600	4,599.840
26.000	57.000	399.000	3.990	0.420	2.000	335.160	3,543.120
				Σ	20.200	3,149.790	33,796.392

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

Lampiran 2-2.2 Gambar Hubungan Secara Pendekatan Cu Dengan N-SPT Untuk Lempung (AASHTO, 1998)

Nilai pendekatan c_u (kPa)	Peneliti
$c_u = 12{,}5\ N$	Sanglerat, 1972
$c_u = 7\ N$	Reese et al. (1976)
$c_u = 4 - 6\ N$	Stroud dan Butler (1975)
$c_u = 6\ N$	Kulhawy dan Mayne

Sumber : Hardiyatmo H.C. (2010)

Lampiran 2-2.3 Gambar Faktor Adhesi Tiang Bor Pada Tanah Lempung (AASHTO,1998)

Kuat geser tak terdrainase c_u (kPa)	Faktor adhesi (α)
< 200	0,55
200 – 300	0,49
300 – 400	0,42
400 – 500	0,38
500 – 600	0,35
600 – 700	0,33
700 – 800	0,32
800 – 900	0,31
> 900	Dihitung sebagaibatu

Sumber: Hardiyatmo H.C. (2010)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 2-2.4 Tabel Hasil Pengujian N-SPT Dari Laboraturium

Kedalaman	Nilai N	penetrasi	N spt	γ	γ_v	CN	η_1	η_2	η_3	η_4	N'
(m)		cm	Pukulan/30cm	gr/cm^3	kg/cm^2						
0											
2	27	30	27	1,828	0,366	1,34	0,60	0,75	1,00	1,05	17,1
4	25	30	25	1,828	0,731	1,11	0,60	0,75	1,00	1,05	13,1
6	27	30	27	1,828	1,097	0,97	0,60	0,85	1,00	1,05	14,0
8	43	30	43	1,828	1,462	0,87	0,60	0,95	1,00	1,05	22,5
10	32	30	32	1,800	1,822	0,80	0,60	1,00	1,00	1,05	16,2
12	40	30	40	1,800	2,182	0,74	0,60	1,00	1,00	1,05	18,7
14	12	30	12	1,800	2,542	0,69	0,60	1,00	1,00	1,05	5,2
16	22	30	22	1,888	2,920	0,64	0,60	1,00	1,00	1,05	8,9
18	16	30	16	1,888	3,298	0,60	0,60	1,00	1,00	1,05	6,1
20	82	30	82	1,895	3,677	0,57	0,60	1,00	1,00	1,05	29,3
22	100	27	111	1,895	4,056	0,53	0,60	1,00	1,00	1,05	37,4
24	74	30	74	1,895	4,435	0,50	0,60	1,00	1,00	1,05	23,5
26	57	30	57	1,881	4,811	0,48	0,60	1,00	1,00	1,05	17,1
28	0	30	0	1,881	5,187	0,45	0,60	1,00	1,00	1,05	0,0
	0	30	0	1,881	5,563	0,43	0,60	1,00	1,00	1,05	0,0

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية الإندونيسية
UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

LAMPIRAN 3

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA