

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Pada awalnya *Value Engineering* lahir di Amerika Serikat (USA) pada perang dunia II. Sehingga bukan merupakan konsep yang baru, metode ini sudah lama dikembangkan dan diaplikasikan pada industri-industri maju dan proyek-proyek di dunia. Konsep dan pemikirannya lahir dari sebuah perusahaan *General Electric Company*, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufacturing (Soeharto, 2001).

Setelah Perang Dunia II berulah metode ini berkembang menjadi *Value Engineering*. Metode ini akhirnya berkembang menjadi suatu konsep fungsional yang merupakan suatu pendekatan untuk memecahkan berbagai permasalahan. Dan dijumpai kenyataan bahwa dengan penggunaan biaya yang lebih rendah dan substitusi bahan, mutu dari produk tidak akan berkurang, bahkan lebih baik dan lebih murah harganya. Penerapan *Value Engineering* di dalam industri konstruksi dimulai sejak akhir tahun 1960-an atau awal 1970-an.

Pada pembangunan sebuah gedung, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dihitung setelah perhitungan konstruksi bangunan. Hal tersebut terkait dalam pemilihan desain dan bahan yang digunakan dalam perencanaan konstruksi bangunan gedung tersebut. Rencana Anggaran Biaya disusun seoptimal dan seefisien mungkin dengan mutu dan kualitas yang tetap terjamin. Pada beberapa elemen bangunan gedung, ada yang memiliki biaya besar. Anggaran biaya suatu proyek yang memiliki nilai besar terdapat beberapa segmen yang biaya pengerjaannya memiliki pengaruh yang besar pada biaya proyek secara keseluruhan. Biaya pada segmen-segmen pekerjaan tersebut dipengaruhi dari beberapa aspek, di antaranya dilihat dari segi bahan, cara pengerjaan, jumlah tenaga kerja, waktu pelaksanaan dan lain-lain (Pratiwi, 2014).

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu Tentang *Value Engineering***

Penelitian ini tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil –hasil

penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian yaitu mengenai Aplikasi *Value Engineering* pada Proyek Konstruksi.

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan Harmoko (2016) dengan melakukan penelitian mengenai *Value Engineering* untuk keperluan studi. Yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Tebat Gheban Kota Pagar Alam.

Rompas dkk. (2013) dalam penelitiannya dengan menggunakan Aplikasi Rekayasa Nilai yang diterapkan pada pekerjaan dinding pada Proyek Pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado dengan mengganti alternatif material awal bata merah dengan bata ringan. Dan didapatkan hasil penghematan biaya yang lebih efisien.

Bertolini dkk. (2016) dalam penelitiannya menerapkan *Value Engineering* pada proyek pembangunan hotel berlantai 4 dengan luas bangunan mencapai 2840 m<sup>2</sup> secara keseluruhan dan didapatkan hasil penghematan paling tinggi yaitu bagian mekanikal dan elektrikal serta pekerjaan arsitektur.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Pengertian *Value Engineering***

*Value Engineering* (VE) merupakan sebuah proses pembuatan keputusan berbasis tim yang sistematis dan terstruktur. *Value Engineering* bertujuan untuk mencapai nilai terbaik (*best value*) sebuah proyek atau proses dengan mendefinisikan fungsi yang diperlukan untuk mencapai sasaran nilai (*value*) dan menyediakan fungsi-fungsi tersebut dengan biaya yang paling murah, konsisten dengan kualitas dan kinerja yang disyaratkan (Hammersley, 2002).

Terdapat berbagai definisi *Value Engineering* yang telah dikembangkan. Untuk lebih memudahkan dan memahami konsep *Value Engineering*, maka perlu untuk mengetahui definisi *Value Engineering* sebagai berikut:

- a. *Value Engineering* adalah sebuah aplikasi metodologi nilai (*Value Methodology*) pada sebuah proyek konstruksi yang telah direncanakan atau dikonsepsikan untuk mencapai peningkatan nilai. Metodologi nilai diterapkan dengan proses sistematis yang digunakan oleh tim multi disiplin untuk

meningkatkan nilai (*Value*) dari sebuah proyek melalui analisis terhadap fungsi-fungsinya (SAVE, 2007 dalam Berawi, 2014).

- b. *Value Engineering* adalah sebuah sistem yang terorganisasi ditujukan pada analisis fungsi-fungsi dari sistem, dengan tujuan yang signifikan pada biaya siklus hidup (*life-cycle cost*) yang paling efisien, konsisten dengan metode kinerja (*performance*), konsisten (*reability*), mutu (*quality*) dan keamanan (*safety*) (PBS-PQ250, 1992 dalam Berawi, 2014).
- c. *Value Engineering* adalah sebuah metode pemecahan masalah yang dilakukan dengan sistem tertentu, tim ahli, ilmu pengetahuan, pendekatan kreatif terorganisasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi biaya yang tidak diperlukan seperti biaya yang tidak memberikan kontribusi bagi mutu, fungsi, umur, dan estetika produk serta daya tarik konsumen (Miles, 1972 dalam Berawi, 2014).
- d. *Value Engineering* adalah suatu metode pendekatan tim profesional yang diterapkan berorientasi pada fungsi dan dilakukan secara sistematis dan terstruktur yang digunakan untuk menganalisis dan meningkatkan nilai (*value*) suatu produk, fungsi, sistem, atau layanan. *Value Engineering* merupakan suatu metodologi yang baik untuk memecahkan masalah dan mengurangi biaya namun tidak menghilangkan persyaratan fungsi atau kualitas yang ditetapkan (Berawi, 2014).
- e. *Value Engineering* adalah sebuah sistem yang diterapkan untuk pencapaian pada sebuah fungsi yang dibutuhkan dengan biaya paling minimum tanpa mengurangi mutu, kinerja, tingkat kepercayaan, dan waktu pelaksanaan (Short dkk, 2007 dalam Berawi, 2014).
- f. *Value Engineering* adalah sebuah aplikasi pendekatan tim yang terorganisir dan terstruktur yang berorientasi pada fungsi untuk menganalisis bagian dari produk, sistem, atau proses pengadaan, dengan tujuan meningkatkan nilai produk (*value*) dengan menghilangkan dan mengidentifikasi biaya yang tidak diperlukan untuk mendapat kinerja yang dibutuhkan pada biaya siklus hidup proyek paling rendah (Fong, 1998 dalam Berawi, 2014).

Dengan kata lain *Value Engineering* atau rekayasa nilai merupakan suatu pendekatan sistematis dan kreatif dalam mengidentifikasi fungsi-fungsi,

menetapkan nilai, dan mengembangkan gagasan atau ide-ide untuk mendapatkan berbagai alternatif yang dapat digunakan untuk melaksanakan fungsi-fungsi dengan biaya yang lebih rendah, tanpa mengurangi mutu dan nilai.

### **2.2.2. Perkembangan *Value Engineering* di Indonesia**

*Value Engineering* mulai dipublikasikan di Indonesia pada tahun 1986 oleh bapak *Dr. Ir. Suriana Chandra* melalui seminar-seminar di berbagai kota. Pada tahun itu juga, metode ini diaplikasikan pada proyek pembangunan Jalan Layang Cawang. Kemudian pada tahun 1987, Badan Perencana Pembangunan Nasional (Bappenas), Direktorat Jenderal Cipta Karya dan Departemen Keuangan, menyarankan penerapan aplikasi *Value Engineering* di Indonesia untuk seluruh pembangunan gedung negara dan rumah dinas di atas anggaran Satu Milyar Rupiah (Fauzan, 2008).

Sejak periode tahun 1990-an sampai dengan tahun 2003, perkembangan penerapan *Value Engineering* di Indonesia tidak banyak diketahui. Karena kurangnya regulasi dari pemerintah yang menyinggung penerapan program *Value Engineering*. Baru mulai awal tahun 2007 perkembangan penerapan *Value Engineering* kembali mulai terasa. Departemen Pekerjaan Umum (DPU) telah mengeluarkan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) bagi tenaga ahli *Value Engineering* sebagai bentuk pengakuan atas profesi *Value Engineering*. Dan pada akhirnya terbentuk Himpunan Ahli *Value Engineering* Indonesia (HAVEI).

Menurut Berawi dkk. (2014) dalam jurnal yang berjudul *enhancing value for money of mega infrastructure project development using value engineering method* menyebutkan bahwa dalam pelaksanaan pembangunan infrastruktur yang berskala besar di Indonesia untuk meningkatkan nilai dari proyek tersebut menggunakan metode *Value Engineering* sehingga diperoleh nilai yang efisien.

Pada saat itu juga penerapan *Value Engineering* pada proyek konstruksi mulai tampak meskipun umumnya dilakukan oleh proyek – proyek swasta. Sedangkan pada proyek pemerintah sebenarnya metoda *Value Engineering* telah diterapkan secara terbatas oleh kontraktor untuk mendapatkan manfaat peningkatan nilai dan penghematan biaya, sayangnya hal ini hanya dilakukan secara internal instansi kontraktor dan penghematan yang dihasilkan menjadi

keuntungan bagi kontraktor semata. Perkembangan metoda *Value Engineering* kedepan tampaknya akan lebih menjanjikan dibandingkan masa sebelumnya.

### **2.2.3. Pentingnya Penerapan *Value Engineering***

Pemanfaatan rekayasa nilai sebagai salah satu alternatif penghematan biaya dirasakan perlu untuk diterapkan dalam proyek konstruksi, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yakni:

- a. Peningkatan biaya produksi
- b. Keterbatasan dana pelaksanaan pekerjaan
- c. Suku bunga perbankan yang fluktuatif
- d. Laju inflasi yang tinggi
- e. Usaha untuk mengoptimalkan dana guna mencapai fungsi utama
- f. Akibat perkembangan dan kemajuan ilmu dan teknologi

### **2.2.4. Unsur-unsur dalam *Value Engineering***

Dalam penerapan *Value Engineering* ada beberapa unsur yang harus diperhatikan, unsur-unsur tersebut sangat berpengaruh dari hasil analisis yang dihasilkan, dengan uraian sebagai berikut.

- a. Analisa Fungsi (*Function Analisis*) diterapkan untuk menganalisis atau mengidentifikasi suatu item pekerjaan yang ditinjau dengan segala permasalahan berdasarkan setiap obyek pada fungsi atau manfaat dari obyek tersebut terhadap keseluruhan item pekerjaan yang ditinjau.
- b. Model Pembiayaan (*Cost Model*) metode ini digunakan sebagai metode untuk mengatur dan menyusun perhitungan biaya kedalam masing-masing fungsinya sehingga dapat dengan mudah didefinisikan.
- c. Biaya Siklus Hidup (*The Life Cycle Costing*) diterapkan sebagai acuan untuk memberikan perkiraan biaya dari setiap masalah yang diberikan.
- d. Teknik Sistem Analisa Fungsi (*Function Analysis System Technique*) adalah metode sistematis untuk mendapatkan sebuah sistem yang terstruktur dari proses pelaksanaan yang kompleks. Dengan demikian setiap permasalahan yang timbul dapat dengan mudah diidentifikasi agar dapat dilakukan penyelesaian solusi dari permasalahan yang ada.

- e. Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*) adalah suatu sistem pengaturan dan pendekatan yang sistematis dan terstruktur yang sangat penting sebagai kunci utama Rekayasa Nilai. Oleh karena itu, penerapan Rekayasa Nilai harus dilaksanakan dengan rencana kerja yang matang dan terstruktur.
- f. Berpikir Kreatif (*Creative Thinking*) dalam melakukan analisis *Value Engineering* dibutuhkan pola pikir yang kreatif untuk mengatasi masalah yang timbul. Karena dengan pola pikir kreatif permasalahan yang muncul dapat dicarikan solusi sehingga hasil yang didapatkan dapat lebih efisien.
- g. Biaya dan Harga (*Cost and Worth*) adalah sebuah unsur yang sangat berpengaruh dalam penerapan Rekayasa Nilai, hal ini dapat menjadi acuan yang harus dipertimbangkan sebagai penentu hasil analisis penghematan biaya.
- h. Kebiasaan Dan Sikap (*Human Dynamic*) dalam melakukan aplikasi *Value Engineering* pada suatu pekerjaan, faktor kebiasaan dan sikap sangat berpengaruh dalam menangani permasalahan yang timbul, hal ini mempunyai peranan yang besar dalam proses pengambilan keputusan yang berpengaruh pada hasil akhir yang dicapai.
- i. Keserasian adalah faktor pendukung terciptanya relasi kerja antara pemilik pekerjaan, pelaksana, konsultan perencana dan konsultan *Value Engineering*.

Hubungan dan komunikasi yang baik antara tim *Value Engineering* dengan seluruh unsur yang terlibat dalam suatu proyek adalah syarat mutlak tercapainya tujuan. Karena hal tersebut dapat memberikan kontribusi yang besar terhadap keberhasilan suatu proyek.

#### **2.2.5. Maksud dan Tujuan *Value Engineering***

Tujuan aplikasi *Value Engineering* di dalam proyek konstruksi adalah untuk menekan biaya pelaksanaan fisik serendah mungkin dengan metode mengurangi biaya-biaya yang tidak perlu tanpa mengubah fungsi dan kekuatan struktur, selain penghematan biaya yang diperoleh, bisa juga memperoleh keuntungan yang lain seperti misalnya percepatan waktu pelaksanaan (Asiyanto, 2005). Selain itu

menurut Kurniawan dkk. (2016) *Value Engineering* bertujuan untuk menganalisis fungsi dari suatu item atau system dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang diperlukan dengan biaya yang serendah mungkin, tanpa harus mengorbankan atau mengurangi kualitas, fungsi dan estetika dari bangunan yang sudah direncanakan.

Maka *Value Engineering* sangat diperlukan untuk dapat menghilangkan biaya yang tidak diperlukan sekaligus melakukan penghematan biaya namun tetap dapat memenuhi kebutuhan atau fungsi yang disyaratkan dalam perencanaan yang telah dibuat. Metode ini juga mampu digunakan untuk menghemat biaya produksi tanpa mengesampingkan persyaratan yang telah ditetapkan, baik secara fungsi, mutu, maupun keandalan sementara yang menjadi parameter, dan seterusnya (Wicaksono dan Utomo, 2012).

#### **2.2.6. Konsep Utama *Value Engineering***

Usaha efisiensi dana pembangunan fisik, dapat dilakukan dengan menerapkan konsep *Value Engineering* (VE) untuk menghasilkan biaya pelaksanaan fisik serendah-rendahnya sesuai dengan batasan fungsional dan teknis yang berlaku yang merupakan batasan minimum yang umum berlaku bagi produk fisik yang dimaksud. Konsep VE dapat mulai diterapkan pada periode perancangan maupun pelaksanaan.

Konsep VE menggunakan pendekatan fungsional sebagai pendekatan dasar dalam melakukan studi yang dilakukan dengan cara:

- 1) *Function definition*, menentukan fungsi utama yang harus diperankan oleh bagian yang menjadi objek studi
- 2) *Function evaluation*, mengeliminasi bagian-bagian yang tidak diperlukan
- 3) *Function alternatif*, mengembangkan alternatif penyelesaian
- 4) Membandingkan dengan mempertimbangkan biaya siklus hidup

Konsep VE memerlukan estimasi biaya secara rasional dan terorganisasi, karena untuk menentukan biaya total seminimal mungkin tidak hanya biaya utama yang dikeluarkan dalam pelaksanaan proyek, tetapi juga biaya operasional dan pemeliharaan, nilai sisa, biaya penggantian dan biaya lain yang terkait. Dalam melaksanakan konsep *Value Engineering*, unsur waktu memegang peranan penting.

Konsep utama metode *Value Engineering* terletak pada fungsi, biaya, dan mutu (Dell'Isola, 1997). Untuk dapat menerapkan *Value Engineering* perlu diuraikan pengertian dari nilai, biaya dan fungsi. *Value Engineering* memusatkan analisis yang saling berkaitan antara nilai dan fungsinya, bukan sekedar analisis biaya tetapi dicari biaya terendah yang dapat memenuhi fungsinya. Menurut Soeharto (2001) hubungan nilai, biaya, fungsi dan manfaat dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Nilai

Nilai (*value*) merupakan suatu perbandingan dari segi manfaat dari sebuah produk, dalam penerapan *Value Engineering* nilai digunakan sebagai perbandingan pemilihan material yang akan digunakan dengan fungsi dan kualitas yang sama. Namun dalam pandangan yang berbeda nilai mengandung arti lain yang lebih subyektif, apalagi bila dihubungkan dengan moral, etika, sosial, ekonomi dan lain-lain. Nilai juga saling terkait dengan fungsi dan biaya. Hubungan pengertian antara nilai dan biaya adalah:

- 1) Besarnya nilai ditentukan oleh fungsi dan manfaat sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh manfaat barang tersebut atau harga dari material pembentuk barang tersebut.
- 2) Besarnya nilai lebih mengarah ke arah subyektif seseorang sedangkan biaya tergantung kepada angka (*Monetary Value*) atau harga yang telah dikeluarkan untuk mendapatkan produk tersebut.

b. Biaya

Biaya adalah jumlah dalam nilai dan pengeluaran yang dilakukan untuk mengembangkan atau memproduksi suatu produk. Besarnya biaya berpengaruh dengan kualitas produk yang diharapkan, karena akan menambah nilai dan kualitas barang yang dipilih.

c. Fungsi

Fungsi didefinisikan sebagai unsur utama dalam *Value Engineering*, karena tujuan *Value Engineering* adalah untuk mendapatkan manfaat yang dibutuhkan dari suatu item dengan biaya akhir paling efisien. Esensi dari seluruh teknik VE adalah untuk menjamin fungsi yang sesuai untuk biaya yang sesuai. Fungsi tersebut disebut dengan fungsi beli. Konsumen tidak membeli barang, tetapi



membeli fungsi. Maka dari itu, produk atau jasa harus menunjukkan kebutuhan yang dikehendaki dan harus diinginkan oleh konsumen. Untuk mengidentifikasi fungsi dengan cara yang mudah adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda seperti yang terdapat dalam pemahaman akan arti fungsi, karena fungsi akan menjadi objek utama menentukan besarnya biaya. Fungsi dapat dibagi menjadi 2 kategori :

- 1) Fungsi dasar yaitu suatu alasan pokok sistem itu terwujud, yaitu dasar atau alasan dari keberadaan suatu produk dan memiliki nilai kegunaan.
- 2) Fungsi kedua (*secondary function*), yaitu kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya.

d. Manfaat

Manfaat adalah nilai dari kinerja dan fungsi produk yang dapat dihemat sehingga biaya pengeluaran semakin sedikit.

### **2.2.7. Waktu Penerapan *Value Engineering***

Secara umum, *Value Engineering* (VE) dapat diterapkan pada semua jenis proyek yakni mulai dari gagasan awal hingga menjadi kenyataan atau disebut "daur hidup proyek konstruksi" (*the life cycle of construction project*) di mana pada setiap tahapannya saling berhubungan, yaitu:

- a. Konsep Dan Studi Kelayakan (*Concept And Feasibility Studies*)
- b. Pengembangan (*Deveslopment*).
- c. Perencanaan (*Design*)
- d. Konstruksi (*Construction*)
- e. Operasi Dan Pemeliharaan (*Operation And Maintenance*)
- f. Perbaikan

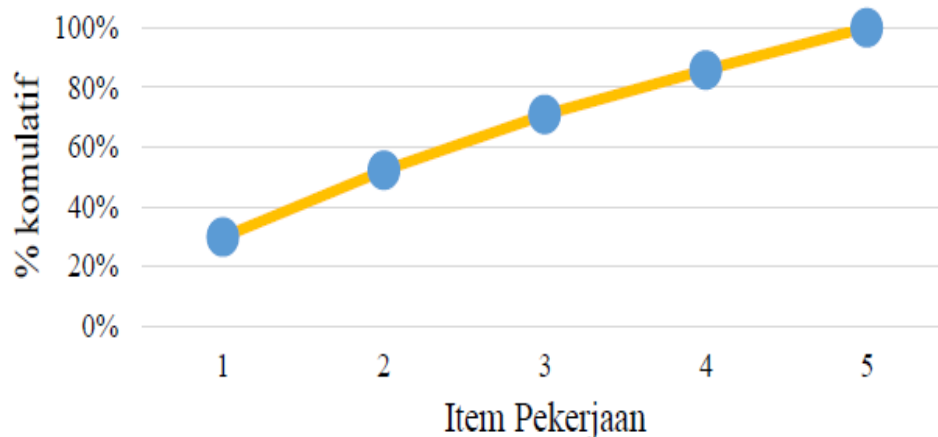
Sedangkan menurut Wilson (2005) dalam Ferdian dkk. (2015) berpendapat Rekayasa nilai akan efektif jika dapat diterapkan seawal mungkin pada tahap perencanaan untuk menghasilkan penghematan yang sebesar besarnya. Sebenarnya secara teori rekayasa nilai dapat diterapkan pada setiap tahap sepanjang waktu berlangsung proyek, tetapi jika semakin lama penerapan rekayasa nilai penghematan yang akan dicapai menjadi semakin kecil, sedangkan biaya untuk melakukan perubahan akibat adanya rekayasa nilai semakin besar.

Dengan mengharapkan penghematan biaya serendah mungkin maka pelaksanaan *Value Engineering* disarankan dilakukan pada waktu perancangan proyek. Maka dari itu perlu dipahami hubungan dari keenam tahapan yang akan diterapkan.

### 2.2.8. Hukum distribusi Pareto

Hukum Pareto berbunyi 20 % dari total item pekerjaan mewakili/terletak pada 80% dari total suatu anggaran proyek, dengan kata lain akan dilakukan proses seleksi pada 20 % item pekerjaan yang memiliki potensi biaya terbesar dalam suatu proyek tersebut.

Secara umum salah satu cara untuk menentukan lingkup pekerjaan *Value Engineering* adalah dengan menggunakan analisis Pareto (*Pareto's Law*), di mana ditentukan bahwa lingkup pekerjaan *Value Engineering* adalah 20% item pekerjaan/kegiatan yang berbiaya di atas 80%.



Gambar 2.1 Hukum distribusi Pareto  
(Sumber: Harmoko, 2016)

### 2.2.9. Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*)

Ada beberapa macam tahapan yang disarankan dalam penerapan rencana kerja *Value Engineering* menurut Dell'Isola (1997) tahapan rencana kerja *Value Engineering* terdiri dari :

a. Tahap Informasi (*Information Phase*)

Tahap informasi adalah untuk memperoleh sebanyak mungkin informasi dan pengetahuan desain proyek. Informasi tersebut meliputi latar belakang yang

memberikan informasi yang membawa kepada desain proyek dan pemanfaatan suatu bangunan.

b. Tahap Analisis Fungsi (*Function Analysis Phase*)

Tahap analisis fungsi ini merupakan analisis yang akan dilakukan terhadap suatu objek proyek yang mengacu pada aspek fungsi dari proyek tersebut.

c. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)

Pada tahap ini digali sebanyak mungkin ide dan gagasan alternatif dengan tujuan untuk mendapatkan alternatif pemecahan dengan biaya lebih murah tanpa mengurangi fungsi utama.

d. Tahap penilaian (*Assesment Phase*)

Pada tahap ini dilakukan penilaian terhadap gagasan alternatif yang memungkinkan untuk dikembangkan untuk mendapatkan penghematan atau peningkatan kerja yang optimal.

e. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)

Pada tahap ini alternatif-alternatif yang dipilih dari tahap sebelumnya dibuat program pengembangannya sampai menjadi usulan yang lengkap.

f. Tahap Rekomendasi (*Recommendation Phase*)

Tahap ini merupakan proses mengajukan ide terbaik yang diusulkan untuk bisa diterima dan dilaksanakan untuk dipilih. Rekomendasi bisa mengubah desain dan penghematan menjadi salah satu ukuran bahwa usulan tersebut bisa diterima. Dalam tahap rekomendasi disajikan keistimewaan dan keunggulan konsep dari usulan desain baru yang bisa menjadi dasar alasan bagi pemilik untuk menerima perubahan.

### **2.3. Struktur Gedung**

Struktur gedung adalah bagian konstruksi yang menjadi elemen utama dari sebuah bangunan seperti pondasi, sloof, dinding, kolom, ring, kuda-kuda, dan atap. Sehingga menjadi suatu kesatuan yang kokoh. Setiap bagian struktur bangunan konstruksi juga mempunyai fungsi dan peranan masing-masing.

Manfaat dari struktur bangunan yaitu meneruskan beban yang bekerja dari struktur atas menuju konstruksi struktur bawah, dan disalurkan ke lapisan tanah keras yang menopang bangunan tersebut. Dalam perencanaan struktur yang harus

diperhatikan yaitu kekuatan dari elemen yang digunakan harus sanggup mengizinkan atau menanggung beban aksial yang bekerja pada bangunan tersebut.

Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah merupakan bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang terdiri dari struktur besmen atau struktur pondasinya (BSN, 2012).

### **2.3.1. Struktur Atas (*Upper Structure*)**

*Upper Structure* adalah seluruh bagian struktur dari bangunan yang ada di atas permukaan tanah, yaitu elemen-elemen pemikul bangunan tersebut (*Structural Part*), dalam hal ini elemen-elemen beton bertulang, beton pratekan, ataupun kerangka baja dari suatu bangunan. Yang harus diperhatikan adalah perhitungan-perhitungan kekuatan, kestabilan serta keamanan dari elemen-elemen pemikul tersebut baik akibat gaya gravitasi, gaya angin ataupun gaya gempa, beserta sifat-sifat dari bahan bangunan itu sendiri (BSN, 2012).

### **2.3.2. Bagian Struktur Bawah (*Sub Structure*)**

*Sub Structure* merupakan elemen struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah. Struktur ini meliputi pondasi, sloof dan bagian elemen struktur yang berada di bawah permukaan tanah. Bangunan struktur bawah berfungsi untuk menerima atau menahan beban-beban yang disalurkan dari beban struktur atas, dan kemudian beban tersebut disalurkan ke tanah keras di bawah pondasi.

### **2.3.3. Pembebanan**

Beban-beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air dan beban khusus lainnya seperti beban getaran mesin, beban kejut listrik dan lain-lain. Beban-beban yang direncanakan akan bekerja dalam struktur gedung tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa dan ketinggian gedung itu sendiri.

Pembebanan dari struktur gedung memiliki faktor-faktor dan kombinasi sebagai syarat dalam perencanaan struktur:

- a. Beban Mati (DL)

Beban mati adalah gaya statis yang disebabkan oleh berat setiap unsur di dalam struktur. Beban mati juga merupakan berat sendiri bangunan yang senantiasa bekerja sepanjang waktu selama bangunan tersebut ada atau sepanjang umur bangunan. Gaya-gaya yang menghasilkan beban mati terdiri dari berat unsur pendukung beban dari bangunan, lantai, penyelesaian langit-langit, dinding partisi tetap, balok, kolom, dan seterusnya. Beban mati dapat dinyatakan sebagai gaya statis yang disebabkan oleh berat setiap unsur di dalam struktur (Wolfgang, 2001 dalam Ismail, 2014).

Beban mati merupakan berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, finishing, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (Pamungkas dan Harianti, 2013).

b. Beban Hidup (LL)

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian atau pemanfaatan suatu gedung, dan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, serta peralatan yang bukan merupakan bagian yang tak terpisahkan oleh gedung dan dapat diganti selama masa hidup gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap gedung tersebut (Pamungkas dan Harianti, 2013).

Beban hidup yang digunakan dalam proyek ini yaitu berdasarkan fungsi ruangan dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Parkir	= 400 kg/m <sup>2</sup>
2. Parkir lantai bawah	= 800 kg/m <sup>2</sup>
3. Lantai kantor	= 250 kg/m <sup>2</sup>
4. Lantai sekolah	= 250 kg/m <sup>2</sup>
5. Ruang pertemuan	= 400 kg/m <sup>2</sup>
6. Ruang dansa	= 500 kg/m <sup>2</sup>
7. Lantai olahraga	= 400 kg/m <sup>2</sup>
8. Tangga dan bordes	= 300 kg/m <sup>2</sup>

c. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin

ditunjukkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang – bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien – koefisien angin (Novi, 2015).

d. Beban Gempa

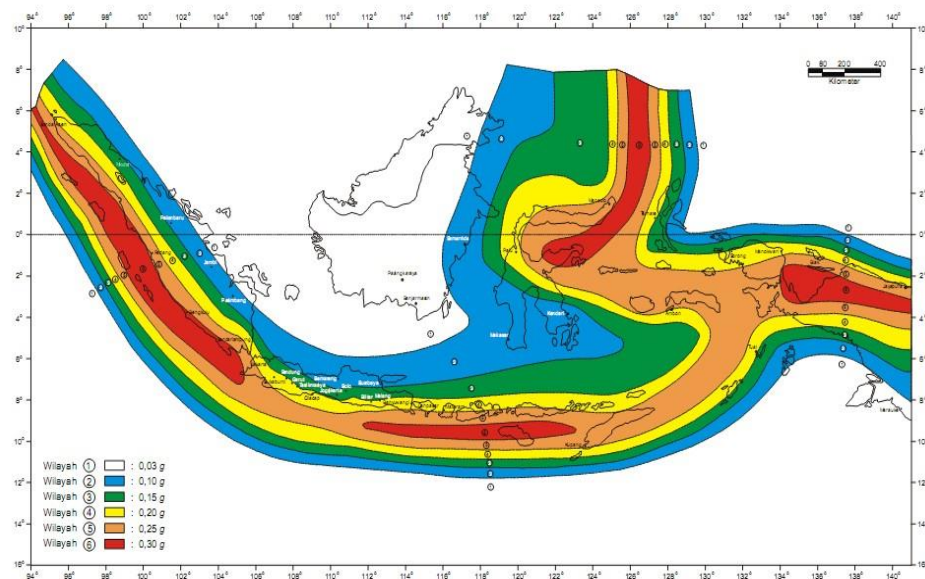
Beban gempa adalah gaya yang ditimbulkan oleh gempa yang terjadi di dasar tanah yang memberikan tekanan-tekanan pada struktur yang dapat menyebabkan struktur bangunan bisa mengalami kondisi keruntuhan. Untuk wilayah-wilayah yang mempunyai resiko tinggi gempa, pengaruh gempa sangat diperhitungkan. Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (BSN, 2012). Analisis tersebut dilakukan dengan metode analisis *Dinamik Spektrum Respon*. Besarnya beban gempa nominal pada struktur bangunan dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{W.C.I}{R}$$

Di mana:

- V = Beban gempa
- W = Berat bangunan
- I = Faktor keutamaan struktur
- R = Faktor reduksi gempa
- C = Koefisien respon gempa.

Dalam hal pembebanan gempa, penentuan lokasi akan berpengaruh terhadap perhitungan beban gempa. Perencanaan struktur gedung di wilayah gempa 1 dan 6 akan sangat jauh berbeda.



Gambar 2.2 Wilayah Gempa Indonesia  
(Sumber: BSN, 2012)

## 2.4. Tanah

Tanah adalah material yang berasal dari pelapukan batuan, yang prosesnya dapat secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut (Hardiyatmo, 2008).

### 2.4.1. Penelitian Tanah

Data penelitian tanah pada proyek ini merupakan data sekunder di mana peneliti tidak langsung melakukan penelitian tanah di lokasi tersebut, tetapi data penyelidikan tanah diperoleh dari pelaksana proyek tersebut. Penelitian tanah dilakukan untuk mendapatkan data statigrafi atau keadaan tanah pada titik yang telah ditentukan sebagai dasar acuan perancangan pondasi yang digunakan pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar.

## 2.5. Pondasi

### 2.5.1. Pengertian Pondasi

Secara umum, struktur bangunan dibagi menjadi dua bagian utama yaitu struktur bangunan di dalam tanah dan struktur bangunan di atas tanah. Struktur

bangunan di dalam tanah sering disebut struktur bawah, sedangkan struktur bangunan di atas tanah disebut struktur atas. Struktur bawah dari suatu bangunan lazim disebut Pondasi, yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya (Asroni, 2010).

Menurut Ariestadi (2008) pondasi adalah bagian dari konstruksi bangunan bawah (*sub-structure*) yang menyalurkan beban struktur dengan aman ke dalam tanah.

Dari uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa pondasi merupakan salah satu elemen yang sangat penting dari struktur bangunan, karena jika terjadi kegagalan atau kerusakan pada pondasi, maka dapat berakibat pada kerusakan bangunan di atasnya, atau bahkan dapat mengalami keruntuhan struktur bangunan secara keseluruhan.

### **2.5.2. Persyaratan Pondasi**

Struktur pondasi dari suatu bangunan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga proses pemindahan beban bangunan ke tanah dasar dapat berlangsung dengan baik dan aman. Untuk keperluan tersebut, pada perencanaan pondasi harus mempertimbangkan persyaratan berikut:

- a. Pondasi harus kuat untuk mencegah penurunan (*settlement*) dan perputaran (*rotasi*) yang berlebihan.
- b. Tidak terjadi penurunan setempat yang terlalu besar bila dibandingkan dengan penurunan pondasi di dekatnya.
- c. Cukup aman terhadap bahaya longsor.

### **2.5.3. Jenis Pondasi**

Berdasarkan letak kedalaman tanah kuat yang digunakan sebagai pendukung pondasi, maka pondasi digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

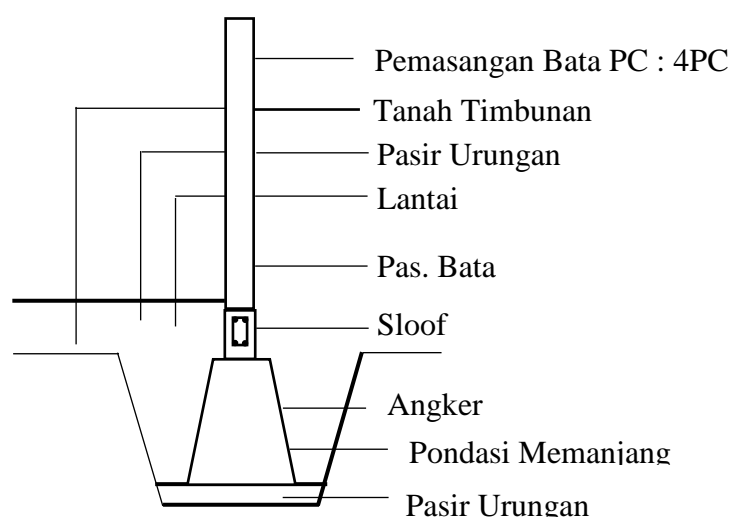
- a. Pondasi Dangkal

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi dangkal diperkirakan mencapai 2 m di bawah permukaan tanah. Yang termasuk golongan pondasi dangkal, yaitu:

- 1). Pondasi Memanjang



Pondasi memanjang adalah jenis pondasi yang digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau beban kolom di mana penempatan kolom dalam jarak yang dekat dan fungsional, kolom tidak menerima beban berat sehingga pondasi tapak tidak terlalu dibutuhkan. Pondasi jalur atau pondasi memanjang biasanya dapat dibuat dalam bentuk memanjang dengan potongan persegi ataupun trapesium. Biasanya digunakan untuk pondasi dinding maupun kolom praktis. Bahan untuk pondasi ini dapat menggunakan pasangan batu pecah, batu kali, cor beton tanpa tulangan dan dapat juga menggunakan pasangan batu bata dengan catatan tidak mendukung beban struktural. Contoh pondasi memanjang dapat dilihat pada Gambar 2.3.

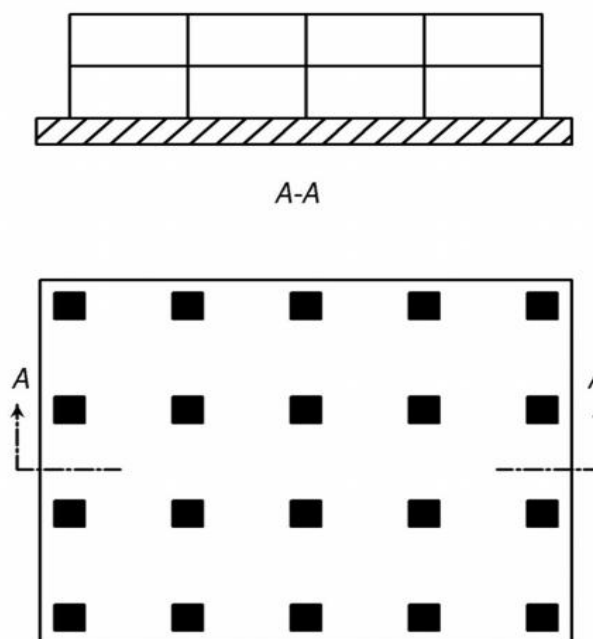


Gambar 2.3 Pondasi Memanjang  
(Sumber: Andayana, 2016)

## 2). Pondasi Rakit (*raft foundation*)

Pondasi rakit adalah pelat beton yang besar, yang digunakan sebagai pembatas permukaan (*interface*) ke tanah dasar. Pondasi tersebut dapat meliputi seluruh atau hanya sebagian dari daerah pondasi (Bowles, 1988). Pondasi rakit boleh digunakan di mana tanah dasar mempunyai daya dukung yang rendah atau beban kolom yang begitu besar, sehingga lebih dari 50 persen dari luas, ditutupi oleh pondasi telapak secara konvensional. Ada beberapa

jenis pondasi rakit di antaranya, pondasi rakit pelat rata, pondasi rakit pelat yang ditebalkan di bawah kolom, pondasi rakit balok dan pelat, pondasi rakit pelat dengan kaki tiang, dan dinding ruangan bawah tanah sebagai bagian pondasi telapak yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pondasi Rakit  
(Sumber: Andayana, 2016)

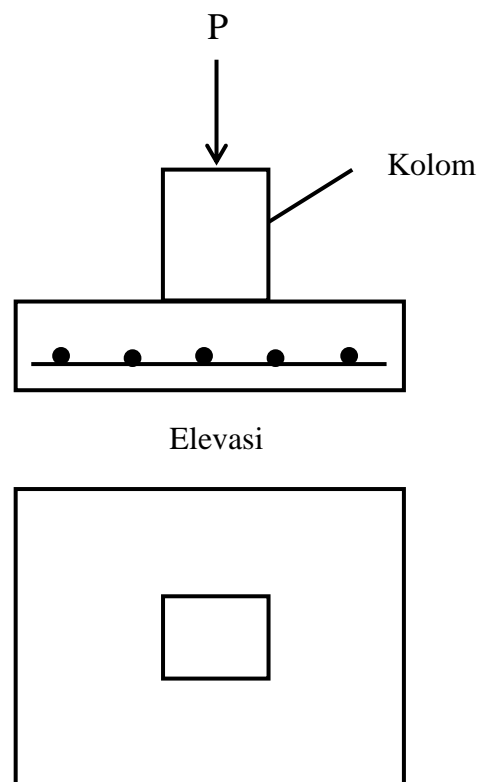
### 3). Pondasi *Staal* atau Pondasi Lajur

Pondasi *staal* dibuat dari pasangan bata atau pasangan batu kali, dengan keadaan tanah kuat sampai 1,50 m di bawah permukaan tanah. Jika kedalaman tanah kuat 2,00 m, dapat pula digunakan pondasi *staal* yang diletakkan di atas timbunan pasir yang dipadatkan secara berlapis setiap 20 cm.

### 4). Pondasi Telapak (*Foot Plate*)

Pondasi telapak adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah di mana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit di bawah permukaan tanah, pondasi telapak dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pondasi telapak ada beberapa jenis, diantaranya pondasi telapak sebar, pondasi telapak

bertingkat, pondasi telapak dengan kemiringan, pondasi telapak dengan dinding, dan pondasi telapak dengan kaki (Bowles, 1988).



Gambar 2.5 Pondasi Telapak  
(Sumber: Andayana, 2016)

5). Pondasi *Pylor*

Pondasi *Pylor* dibuat dari pasangan pondasi batu kali berbentuk piramida terpancung. Pondasi ini biasanya dipasang pada sudut-sudut bangunan dan pada pertemuan tembok-tembok dengan jarak 2,50 sampai dengan 3.00 m, dengan kedalaman tanah kuat 2.50 m sampai dengan 3.00 m di bawah permukaan tanah. Di atas pondasi *Pylor* ini dipasang balok *sloof*.

b. Pondasi Sedang

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi sedang diperkirakan sampai mencapai kedalaman 4 meter di bawah permukaan tanah. Contoh pondasi ini yaitu pondasi sumuran dibuat dengan pipa beton biasa atau pipa beton bertulang dengan tebal dinding berkisar antara 65 cm sampai 150 cm, yang bergantung dari hasil

hitungan, pondasi sumuran dipasang pada sudut-sudut bangunan seperti pondasi *Player*.

c. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang digunakan pada bangunan bertingkat tinggi dengan relatif kedalaman pondasi mencapai 7 m ke dalam permukaan tanah. Jenis pondasi dalam, yaitu:

1). Bored Pile

Bored pile adalah salah satu jenis pondasi yang biasa digunakan pada bangunan bertingkat tinggi, pemilihan jenis pondasi ini merupakan solusi bagi pemilihan pondasi yang dilakukan pada lokasi padat penduduk, hal ini disebabkan oleh efisiensi alat yang digunakan relatif mudah dan tidak menimbulkan pergerakan tanah yang signifikan jika dibandingkan dengan pondasi tiang pancang, metode pelaksanaan pondasi bored pile dengan mengebor lapisan tanah hingga kedalam tanah yang telah ditentukan.

2). Tiang Pancang

Tiang pancang adalah jenis pondasi dalam yang digunakan pada bangunan tinggi, dengan metode pekerjaan yang berbeda dengan bored pile. Tiang pancang menggunakan beton pra cetak yang dibuat di pabrik pembuatan beton dengan kualitas yang terjamin, proses pelaksanaan bored pile dengan cara dipukul kedalam lapisan tanah yang telah ditentukan dengan mesin *hammer*/pemukul (Rosman, 2007).

#### **2.5.4. Dasar-dasar Penentuan Jenis Pondasi**

Menurut Pamungkas dan Hariati (2013) menyatakan bahwa dalam menentukan jenis dan bentuk pondasi yang akan digunakan perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan metode pelaksanaan pondasi tersebut, karena pemilihan jenis pondasi sangat berpengaruh terhadap lokasi pelaksanaan pondasi tersebut, sehingga tidak menimbulkan dampak lingkungan yang diakibatkan proses pelaksanaan pondasi.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi, yaitu :

a Keadaan Tanah Pada Pelaksanaan Pondasi

- 1) Jika penyelidikan tanah menunjukkan tanah keras berada di kedalaman 2 sampai 3 meter di bawah permukaan tanah maka disarankan pondasi yang digunakan adalah jenis pondasi dangkal yaitu pondasi telapak.
- 2) Apabila penyelidikan tanah menunjukkan jenis tanah keras berada pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang disarankan adalah pondasi tiang minipile, pondasi mini pile atau pondasi bored pile.
- 3) Bila jenis tanah keras berada pada kedalaman lebih dari 20 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang disarankan adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bored pile. Bila pada lapisan tanah terdapat batu besar yang menghalangi maka disarankan menggunakan kaison.
- 4) Apabila lapisan tanah keras berada pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang disarankan adalah pondasi kaison terbuka, tiang baja atau bored pile.

b Kondisi Struktur Atas (*Upper Structure*)

Kondisi struktur bangunan yang akan di bangun menjadi salah satu faktor penentu dari pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan, keadaan ini dipengaruhi oleh fungsi dari suatu bangunan, fungsi dari bangunan mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi setelah dilakukan kombinasi beban yang bekerja pada bangunan tersebut dan seberapa besar penurunan tiang pondasi yang diijinkan terjadi pada pondasi.

c Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan adalah faktor keadaan pada lokasi perencanaan pelaksanaan pondasi di mana suatu konstruksi tersebut dibangun. Jika jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang maka lingkungan di sekitar pelaksanaan pondasi tidak disyaratkan berada pada lokasi padat penduduk karena dapat menyebabkan pergeseran tanah dan polusi suara pada saat pelaksanaan pemancangan yang dapat mengganggu masyarakat sekitar lokasi pelaksanaan konstruksi.

d Waktu Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan pondasi merupakan salah satu hal yang penting untuk diperhatikan karena merupakan pembangunan awal dari pekerjaan struktur, jika terjadi keterlambatan proses pelaksanaan maka ini dapat berpengaruh kepada proses pelaksanaan struktur berikutnya.

e **Biaya**

Biaya adalah suatu nilai materil atau harga, biaya yang digunakan pada pemilihan jenis pondasi harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti daya dukung pondasi, metode pelaksanaan, waktu pelaksanaan, maka dalam penentuan jenis pondasi yang digunakan perlu dilakukan penyelidikan tanah untuk menentukan lapisan tanah keras sebagai acuan kedalaman pondasi yang sesuai untuk menekan biaya konstruksi. Daya dukung tanah juga berpengaruh pada biaya yang digunakan hal ini disebabkan karena keadaan tanah adalah acuan dalam pemilihan ukuran dan dimensi pondasi yang digunakan.

#### **2.5.5. Daya Dukung Tanah**

Penentuan jenis dan ukuran pondasi yang digunakan ditentukan oleh hasil analisis lapisan tanah hingga mencapai tanah keras yang beradah di bawa pondasi. Sebagai contoh untuk pemilihan jenis pondasi telapak, semakin kuat daya dukung tanah, semakin kecil ukuran atau dimensi pondasi yang akan digunakan. Sebaliknya, semakin kecil daya dukung tanah, semakin besar ukuran pondasi yang akan digunakan. Untuk tanah dengan daya dukung yang tidak terlalu besar, sebaiknya digunakan jenis pondasi lain, seperti pondasi bored pile atau pondasi tiang pancang (Asroni, 2010)

Untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dapat dilakukan dengan analisis penyelidikan tanah atau dengan menggunakan metode lain yaitu:

- a. Syarat standar pembangunan yang dikeluarkan oleh pemerintah terkait.
- b. Mengumpulkan sumber dari jenis pondasi yang digunakan pada lokasi sekitar pembangunan, namun tingkat akurasi dari metode ini sangat kecil.
- c. Melakukan pengujian langsung lapangan dengan berbagai alat penguji yang sesuai dengan standar yang telah disyaratkan atau melakukan pengujian di laboratorium.

Untuk menentukan daya dukung tanah secara akurat, merupakan masalah yang tidak mudah. Kendala yang dialami dalam menentukan daya dukung tanah secara akurat diakibatkan oleh beberapa kemungkinan, misalnya:

- a. Jenis statigrafi tanah menunjukkan jumlah lapisan yang tidak seragam dengan tingkat variasi jenis lapisan yang sangat banyak, lapisan tanah yang seperti ini biasanya dipengaruhi oleh beberapa hal seperti geologi tanah, cara perpindahan tanah, dan mekanisme sedimentasi.
- b. Sifat fisik yang terjadi setelah dilakukan pembebanan dapat berubah yang menyebabkan biaya perbaikan tanah yang relatif mahal.
- c. Terjadi penurunan tanah yang diakibatkan oleh konsolidasi butiran-butiran tanah yang ditimbulkan oleh getaran seperti, getaran kendaraan, gempa bumi, alat pemadat dan lain-lain.

Penentuan jenis pondasi harus memperhatikan sifat tanah yang berada di bawahnya, jenis tanah berikut dapat digunakan sebagai contoh sifat tanah, yaitu:

- a. Jenis tanah granuler atau batuan, dengan daya dukung sangat baik.
- b. Jenis tanah kerikil atau batuan, dengan daya dukung cukup baik
- c. Jenis tanah pasir/*silt*, dengan daya dukung yang kurang baik. Jenis tanah ini jika dalam kondisi jenuh air kemudian menerima getaran, maka terjadi pemisahan butiran yang mudah untuk terlepas sehingga daya dukungnya menjadi kecil. Kasus ini disebut *liquefaction* di mana kekakuan tanah berkurang dan sangat berbahaya bagi bangunan yang berada di atasnya.
- d. Jenis tanah lempung dengan daya dukung sangat meragukan (sangat hati-hati). sifat tanah liat, yaitu dalam keadaan kering menjadi keras, tetapi dalam keadaan basah menjadi lunak menyebabkan daya dukung tanah berkurang. disamping itu, jika terjadi getaran pada tanah liat basah, maka sifat getaran tersebut dapat berubah menjadi getaran harmonis. Getaran harmonis ini sangat membahayakan bangunan, karna dapat memperbesar amplitudo, pergeseran horisontal pada bangunan bertingkat.

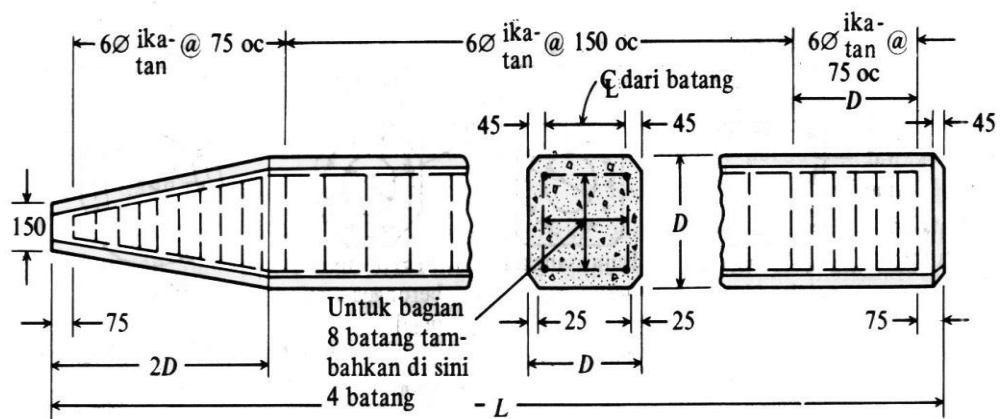
#### **2.5.6. Pondasi Tiang Pancang**

Tiang pancang merupakan elemen konstruksi yang dapat dibuat dari kayu, beton, dan baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-

beban permukaan ketingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah (Bowles, 1988).

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada di bawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya (Sardjono, 1988). atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah (Bowles, 1988).

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (*super structure*) ke dalam lapisan tanah keras. Tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



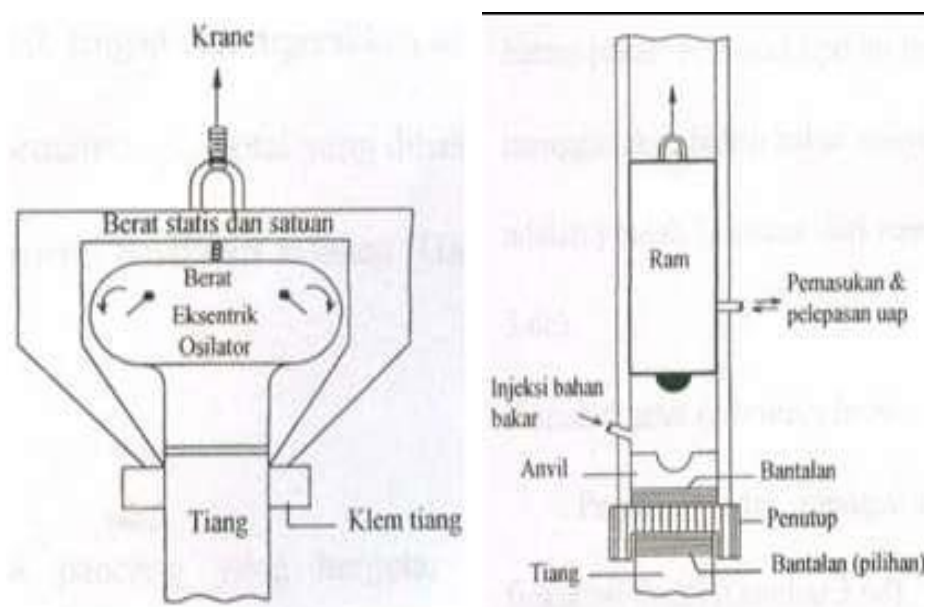
Gambar 2.6 Pondasi Tiang Pancang  
(Sumber: Bowles, 1988)

Dalam proses pelaksanaan pekerjaan pemancangan pada umumnya dipancarkan tegak lurus dalam tanah, namun ada beberapa metode pemancangan yang berbeda seperti pemancangan miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja, metode ini sering ditemukan pada pelaksanaan pekerjaan dermaga di mana terdapat tekanan kesamping dari kapal dan gelombang laut. Sudut kemiringan dalam pelaksanaan metode ini dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya.



### 2.5.7. Alat Pemancangan Tiang

Dalam pemasangan tiang kedalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Skema dari berbagai macam alat pemukul diperlihatkan dalam Gambar 2.7. Pada Gambar tersebut diperlihatkan pula alat-alat perlengkapan pada kepala tiang dalam pemancangan. Penutup (*pile cap*) biasanya diletakkan menutup kepala tiang yang kadang-kadang dibentuk dalam geometri tertutup (Pagehgi, 2015).



Gambar 2.7 Skema Pemukul Tiang  
(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

### 2.5.8. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

Standart Penetration Test (SPT) adalah metode penyelidikan tanah yang merupakan uji penetrasi dinamik. Pelaksanaannya adalah dengan menggunakan suatu tabung pengambil sampel yang memiliki diameter luar 50 mm, diameter dalam 35 mm dan panjang 650 mm yang disambung pada ujung batang bor (Roski dan Imbar, 2011). Annizaar dkk. (2015) berpendapat daya dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung/memikul beban. Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying*

*capacity*. Dengan jenis tanah kohesif, formula yang digunakan yaitu formula Meyerhoff dengan kapasitas dukung tiang pancang sebagai berikut:

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times D \times L \times A_p < 400 \times N_{SPT} \times A_p \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana:

- $Q_p$  : Kapasitas dukung tiang pancang (*end bearing*).  
 $N_{SPT}$  : Nilai atau jumlah pukulan SPT.  
 $D$  : Diameter tiang (m).  
 $L$  : Panjang tiang (m).  
 $A_p$  : Luas tiang (m<sup>2</sup>).

a. Kapasitas geser selimut tiang

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times P \times L \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana :

- $Q_s$  : Kapasitas geser selimut tiang (*skin friction*).  
 $N_{SPT}$  : Nilai atau jumlah pukulan SPT.  
 $P$  : Keliling tiang (m).  
 $L$  : Panjang tiang (m).

b. Daya dukung tanah ultimit

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- $Q_{ult}$  : Daya dukung tanah ultimit.  
 $Q_p$  : Kapasitas dukung ujung tiang (*end bearing*).  
 $Q_s$  : Kapasitas geser selimut tiang (*skin friction*).

c. Daya dukung ijin tiang

$$Q_{ijin} = (Q_p + Q_s) / S_f \dots\dots\dots (2.4)$$

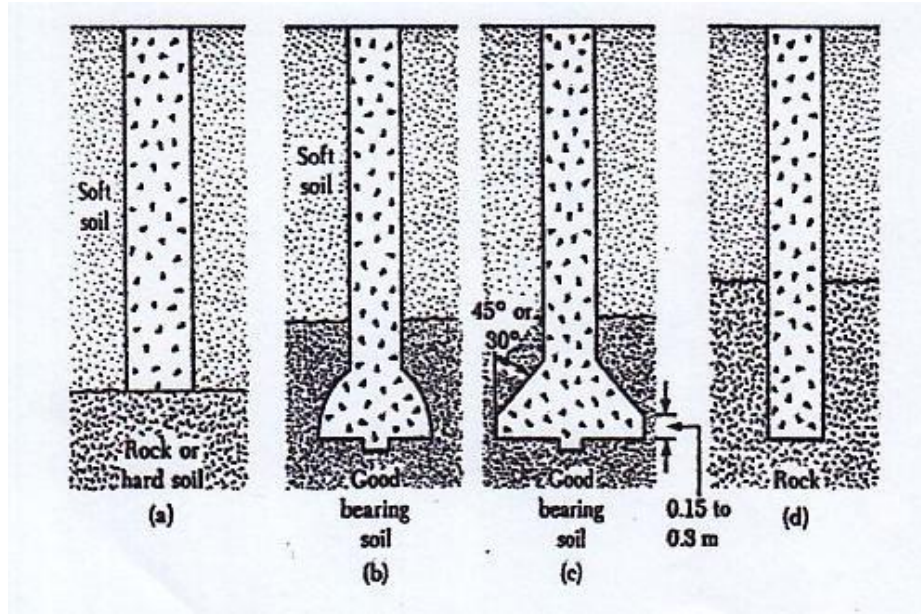
Di mana:

- $Q_{ijin}$  : Daya dukung ijin tiang.  
 $Q_p$  : Kapasitas dukung ujung tiang (*end bearing*).  
 $Q_s$  : Kapasitas geser selimut tiang (*skin friction*).  
 $S_f$  : Faktor Aman (Safety factor).

### 2.5.9. Pondasi Bored Pile

Pondasi bored pile adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, 2008). Pemasangan pondasi bored pile ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan *temporary casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, pada *casing* ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang yang dapat dilihat pada Gambar 2.8. Ada beberapa jenis pondasi bored pile yaitu.

1. Bore pile lurus untuk tanah keras.
2. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
3. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
4. Bore pile lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2.8 Jenis-jenis Pondasi Bored Pile  
(Sumber: Das, 1941)

a. Keuntungan Pondasi Bored Pile

Ada beberapa alasan kelebihan penggunaan pondasi bored pile dalam pelaksanaan konstruksi yaitu:

1. Bore pile tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau pile cap.
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. Bore pile dapat didirikan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya.
4. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi bore pile hal ini dapat dicegah.
5. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi bore pile.
6. Selama pelaksanaan pondasi bore pile tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
7. Karena dasar dari pondasi bore pile dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas.
8. Permukaan dasar bore pile didirikan dapat diperiksa secara langsung.
9. Pondasi bore pile mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.

b. Kekurangan Pondasi Bored Pile

Kekurangan dari penggunaan pondasi bored pile yaitu:

1. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pembetonan.
2. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berbutir kasar.
3. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.
5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang.
6. Akan terjadi tanah runtuh (*Ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan.
7. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan beton yang banyak, untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biayanya sangat melonjak.
8. Walaupun penetrasi sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar.

c. Sistem Pelaksanaan Pondasi Bored Pile

Ditinjau dari segi pelaksanaannya pondasi bore pile dapat dibedakan menjadi 3 macam sistem, yaitu :

1. Sistem *Augering*

Pada sistem ini selain *augernya* sendiri, untuk kondisi lapangan pada tanah yang mudah longsor diperlukan *casing* atau *bentonite slurry* sebagai penahan longsor. Penggunaan *bentonite slurry* untuk kondisi lapisan tanah yang permeabilitasnya besar tidak disarankan, karena akan membuat *bentonite slurry* menjadi banyak dan mengakibatkan terjadinya perembesan melalui lapangan *permeable* tersebut.

2. Sistem *Grabbing*

Pada penggunaan sistem ini diperlukan *casing (continuous semirotary motion casing)* sebagai penahan kelongsoran. *Casing* tersebut dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan sambil diputar. Sistem ini sebenarnya cocok

untuk semua kondisi tanah, tetapi yang paling sesuai adalah kondisi tanah yang sulit ditembus.

### 3. Sistem *Wash Boring*

Pada sistem ini diperlukan casing sebagai penahan kelongsoran dan juga pompa air untuk sirkulasi airnya yang dipakai untuk pengeboran. Sistem ini cocok untuk kondisi tanah pasir lepas. Untuk jenis bored pile ini perlu diberikan tambahan tulangan praktis untuk penahan gaya lateral yang terjadi. Penulangan minimum 2 % dari luas penampang tiang.

#### d. Metode Pelaksanaan Pengeboran Bored Pile

Menurut Braja (1941) Metode pelaksanaan pada pengeboran sangat berpengaruh terhadap efisiensi kerja dilapangan. Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran, yaitu :

##### 1. Metode Kering

Pertama sumuran digali, kemudian sumuran diisi sebagian dengan beton dan kerangka tulangan dipasang dan setelah itu sumuran telah selesai dikerjakan. Harap diingat bahwa kerangka tulangan tidak boleh dimasukkan sampai mencapai dasar sumuran karena diperlukan pelindung beton minimum, tetapi kerangka tulangan boleh diperpanjang sampai akhir mendekati kedalaman penuh dari pada hanya mencapai kira – kira setengahnya saja. Metode ini membutuhkan tanah tempat proyek yang tak berlekuk (*kohesif*) dan permukaan air di bawah dasar sumuran atau jika permeabilitasnya cukup rendah, sumuran bisa digali dan dibeton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bisa mempengaruhi kekuatan beton.

##### 2. Metode Acuan

Pada metode acuan digunakan pada tempat-tempat proyek yang mungkin terjadi lekukan atau deformasi lateral yang berlebihan terhadap rongga sumur (*shaft cavity*). Metode ini juga dipakai sebagai sambungan perapat (*seal*) lubang terhadap masuknya air tanah tetapi hal ini membutuhkan lapisan tanah kedap air di bawah daerah lekukan tempat acuan bisa dipasang. Perlu kita ingat bahwa sebelum casing dimasukkan, suatu adonan spesi encer (*slurry*) digunakan untuk mempertahankan lubang. Setelah acuan dipasang, adonan dikeluarkan dan sumur diperdalam hingga pada kedalaman yang diperlukan

dalam keadaan kering. Metode ini bergantung pada kebutuhan site dan proyek, sumuran di bawah acuan akan dikurangi paling tidak sampai acuan kadang-kadang 25 sampai pada 50 mm kekurangannya untuk jarak ruang bor tanah (*auger*) yang lebih baik. Acuan bisa saja ditinggalkan dalam sumuran atau bisa juga dikeluarkan jika dibiarkan di tempat, maka ruangan melingkar antara acuan dan tanah (yang diisi dengan adonan atau lumpur hasil pengeboran) diganti dengan adukan encer (*grout*) maka adonan akan dipindahkan keatas puncak sehingga rongga tersebut diisi dengan adukan encer.

### 3. Metode Adonan

Metode ini bisa diterapkan pada semua keadaan yang membutuhkan acuan. Hal ini diperlukan jika tidak mungkin mendapatkan penahan air (*water seal*) yang sesuai dengan acuan untuk menjaga agar air tidak masuk ke dalam rongga sumuran (*shaft cavity*).

#### 2.5.10. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bored Pile

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* ke dalam tanah. Data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*) dari tiang sebelum pembangunan dimulai. Perhitungan daya dukung tanah dapat menggunakan metode Meyerhoff. Dengan formula dalam bentuk:

- a. Untuk jenis tanah non kohesif:

$$Q_p = 40 \times N_{\text{SPT}} \times D \times L \times A_p < 400 \times N_{\text{SPT}} \times A_p \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Q_s = 2 \times N_{\text{SPT}} \times p \times L \dots \dots \dots (2.6)$$

- b. Untuk jenis tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots \dots \dots (2.7)$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i \dots \dots \dots (2.8)$$

- c. Kapasitas dukung ijin tiang (kN)

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{Q_p + Q_s}{S_f} \dots \dots \dots (2.9)$$

Di mana :

$Q_{ijin}$	: Kapasitas dukung yang diijinkan (kN).
$Q_p$	: Kapasitas dukung ujung tiang ( <i>end bearing</i> ).
$Q_s$	: Kapasitas geser selimut tiang ( <i>skin friction</i> ).
$D$	: Diameter tiang (m).
$L$	: Panjang tiang (m).
$L_i$	: Panjang lapisan tanah (m).
$N_{SPT}$	: Nilai atau jumlah pukulan SPT.
$A_p$	: Luas tiang (m <sup>2</sup> ).
$P$	: Keliling tiang (m).
$C_u$	: Kohesi undrained = $N_{SPT} \times 2/3 \times 10$ (kN/m).
$\alpha$	: Kohesi adhesi.
$S_f$	: Faktor Aman ( <i>Safety factor</i> ).

d. Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{ijin}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Di mana :

$P_u$	: Beban yang bekerja pada bangunan (kN).
$n$	: Jumlah tiang (buah).

e. Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = \frac{P_u}{n \times Q_{ijin}} \dots \dots \dots (2.11)$$

f. Kontrol kelompok tiang

$$= n \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \dots \dots \dots (2.12)$$