

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Sebelum pekerjaan pondasi dilaksanakan sangat perlu diketahui sifat tanah pada/di lokasi tersebut. Beberapa sifat-sifat tanah sehubungan dengan pekerjaan pemindahan, penggalian dan pemanfaatan perlu diketahui, karena tanah akan mengalami perubahan-perubahan dalam volume dan kemanipatannya. Jadi, penyelidikan kondisi lapisan tanah di lapangan merupakan prasyarat bagi perencanaan elemen bawah tanah, selain itu informasi yang memadai diperlukan untuk pengkajian nilai ekonomi dari proyek yang diusulkan. (Bowles, J, E, 1991).

Umumnya kondisi tanah dasar fondasi mempunyai karakteristik yang sangat bervariasi. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah, antara lain:

1. Pengaruh muka air tanah

Pengaruh muka air tanah ini dapat mengakibatkan berat volume tanah yang terendam air akan berbeda dengan berat volume tanah yang tidak terendam air, meskipun untuk jenis tanah yang sama.

2. Pengaruh jenis tanah

Jenis tanah lempung memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang

berbeda dengan jenis tanah pasir sehingga memberikan nilai daya dukung yang berbeda-beda. (K. Basah Suryolelono, 1994)

2.1.1 Sifat-sifat Tanah

1. Kuat geser

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. (Braja M. Das, 1994).

Pengetahuan kekuatan geser tanah diperlukan untuk berbagai macam keperluan praktis, terutama untuk menganalisa stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud (lereng), dan tekanan tanah ke samping pada pondasi maupun tembok penahan tanah.

2. Kompresibilitas/kemampumampatan tanah

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori dan sebab-sebab lain. Pemampatan tanah ini dapat mengakibatkan penurunan tanah.

3. Kembang susut tanah

Tanah dalam mendukung beban pondasi sangat bergantung pada sejarah geologi dan kadar air. Pada beban-beban yang sama antara tanah terkonsolidasi normal dan tanah terkonsolidasi berlebihan maka tanah terkonsolidasi normal akan mengalami penurunan yang lebih besar.

2.2 Pondasi Tiang

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Tiang-tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga. Pada bangunan ini, tiang-tiang dipengaruhi oleh gaya-gaya benturan kapal dan gelombang air.

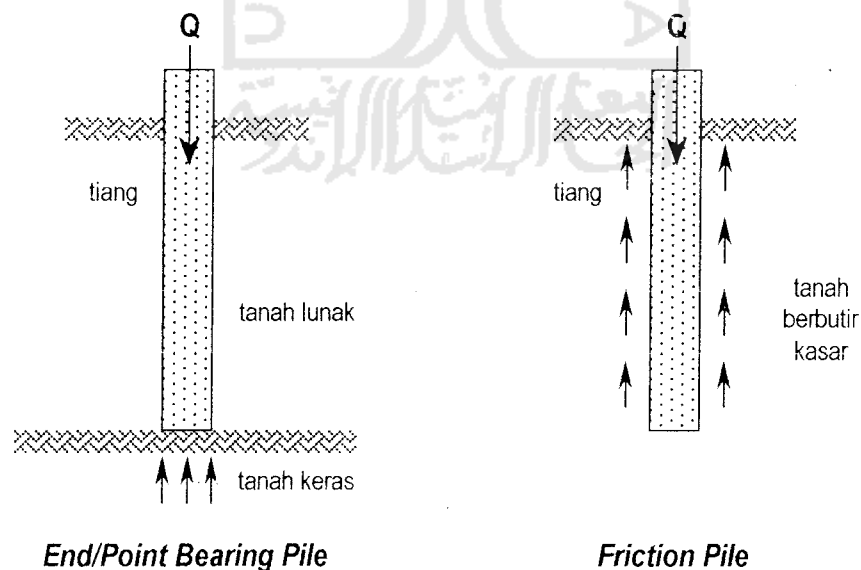
Pondasi tiang digunakan dalam beberapa tujuan, antara lain untuk:

1. Meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
 2. Meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan atau lekatan dinding tiang dengan tanah di sekitarnya.
 3. Mengankurkan bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan.
 4. Menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring.
 5. Memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah pada pondasi tiang pancang.
 6. Mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.
- (HC. Hardiyatmo, 2001).

2.2.1 Cara Tiang Meneruskan Beban

Tipe tiang dapat dibedakan menurut cara tiang meneruskan beban kerja ke tanah dasar fondasi.

1. Bilamana ujung tiang mencapai tanah keras atau tanah baik dengan kuat dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah dasar fondasi melalui ujung tiang. Jenis tiang ini disebut *end/point bearing pile*.
2. Bila tiang dipancang pada tanah dengan nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir) maka beban yang diterima oleh tiang akan di tahan berdasarkan gesekan tiang dan tanah sekeliling tiang. Jenis tiang ini disebut *friction pile*. Untuk tanah berjenis lempung yang memiliki kohesi yang tinggi maka beban yang diterima tiang akan ditahan berdasarkan lekatan antara tiang dengan tanah sekeliling tiang. Jenis tiang ini disebut *cohesion pile*.



Gambar 2.1 Tipe tiang berdasarkan cara tiang meneruskan beban

2.2.2 Bahan untuk Tiang

Menurut bahan yang digunakan, pondasi tiang dibedakan sebagai berikut ini:

1. Pondasi Tiang Kayu

Pondasi tiang pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dan diberi bahan pengawet, kemudian didorong ke dalam tanah dengan ujung yang runcing. Tiang kayu ini biasanya digunakan untuk pekerjaan sementara.

Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270-300 KN. (HC. Hardiyatmo, 2001)

2. Pondasi Tiang Baja

Umumnya digunakan dengan bentuk tampang tiang merupakan profil H atau WF. Pipa dapat berlubang maupun tertutup ujung-ujungnya. Jenis tiang ini mempunyai banyak keuntungan yaitu:

- a. Lebih mudah dipancang, disebabkan tiang memiliki luas tampang yang kecil dibandingkan jenis tiang yang lain. Tiang lebih mudah masuk ke dalam tanah akibat berat sendiri.
- b. Mudah disambung bilamana diperlukan tiang yang cukup panjang. Untuk mencapai kedalaman yang diinginkan, sistem sambungan dapat berupa sambungan las atau baut,
- c. Untuk menembus jenis tanah keras, ujung tiang diperkuat dengan diberi sepatu agar tidak mudah rusak.

Problem utama yang dihadapi untuk jenis tiang ini adalah masalah korosi yang disebabkan oleh proses ionisasi tanah yang bersifat asam dan biasanya dijumpai di daerah berawa (tanah organik). Berbagai usaha untuk mengatasi problem korosi, adalah:

1. Tiang dicat anti korosi atau ditungkus beton,
2. Dengan metode *cathodic protection* yang bertujuan untuk menghambat terjadinya proses ionisasi pada tiang baja dengan cara mengalirkan arus listrik lemah ke tiang baja. (K. Basah Suryolelono, 1994)

3. Pondasi Tiang Beton

Berdasarkan pekerjaannya pondasi tiang beton dibedakan sebagai berikut:

- a. Tiang beton pracetak (*precast concrete pile*)

Tiang jenis ini dibentuk di tempat pengecoran tertentu atau di pabrik dan kemudian dibawa ke lokasi proyek. Penampang dari tiang beton pracetak biasanya berbentuk bulat atau prisma. Pada saat pemancangan tiang beton pracetak ke dalam tanah akan menimbulkan getaran yang sangat kuat yang menyebabkan deformasi pada lapisan tanah sekitarnya.

- b. Tiang beton cetak di tempat (*cast in place pile*)

Tiang beton ini dicetak langsung di tempat dengan terlebih dahulu membuat lubang di dalam tanah, diisi dengan tulangan kemudian dicor beton. Untuk menghindari keruntuhan tanah pada lubang bor biasanya dipakai *casing*. Pengeboran harus dilaksanakan dengan seksama guna

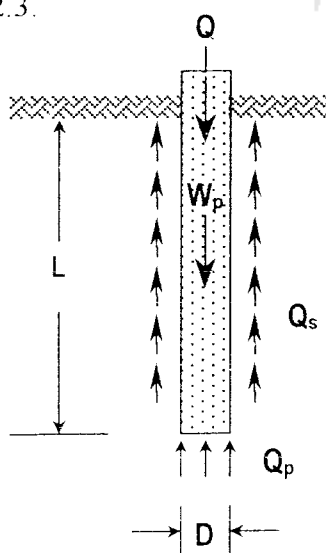
menghindari pengisian beton yang tidak merata dan berakibat mempengaruhi kapasitas daya dukungnya.

4. Pondasi Tiang Komposit

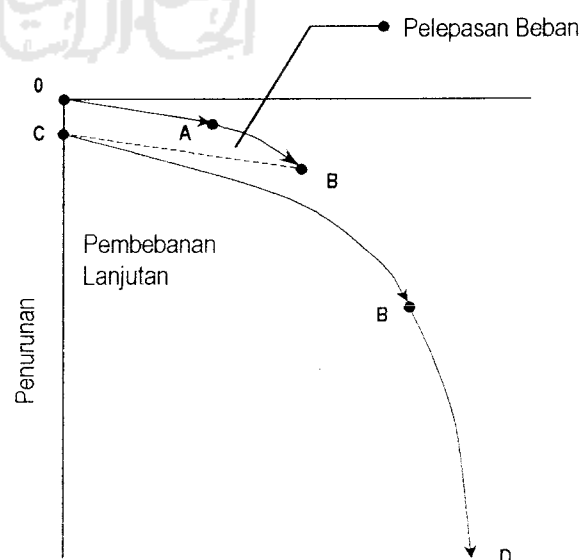
Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah pada kondisi tanah tertentu. (HC. Hardiyatmo, 2001)

2.2.3 Mekanisme Pemikulan Beban

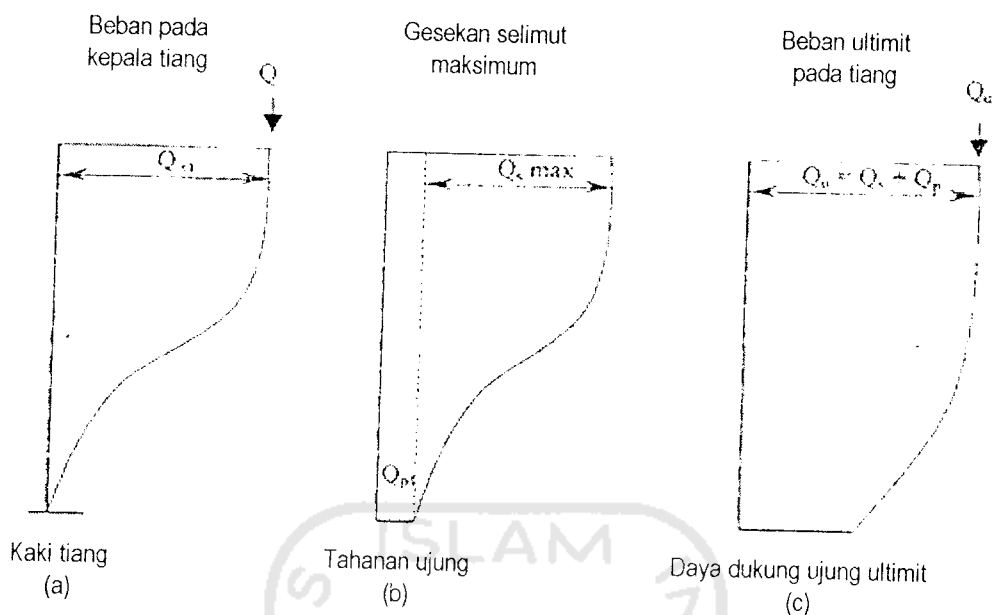
Fondasi tiang mengalihkan beban kepada tanah melalui dua mekanisme gesekan selimut dan tahanan ujung, kedua komponen tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.2. Gesekan kulit diperoleh sebagai akibat adhesi atau perlawanan gesekan antara selimut tiang dengan tanah sekitarnya, sedangkan tahanan ujung timbul karena desakan ujung tiang terhadap tanah dasar. Jika fondasi tiang dibebani akan menghasilkan kurva beban penurunan seperti ditunjukkan gambar 2.3.



Gambar 2.2 Mekanisme pengalihan beban pada tanah. (Coduto, hal 315)



Gambar 2.3 Kurva beban dan penurunan



Gambar 2.4. Distribusi pemikulan beban di titik A (a), B (b), C (c).

Konsep yang memisahkan gesekan selimut dan tahanan ujung fondasi tiang merupakan dasar perhitungan daya dukung tiang secara statis. Persamaan dasarnya mengambil bentuk sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p \quad (2.1)$$

Dimana:

Q_u = daya dukung ultimit

Q_p = daya dukung ujung

Q_s = daya dukung selimut

W_p = berat tiang

Komponen Q_p dan Q_s ditunjukkan pada tahap pembebanan terakhir gambar 2.4, berat tiang W_p umumnya amat kecil dan dapat diabaikan.

2.2.4 Metode Pelaksanaan

Ditinjau dari segi pelaksanaannya fondasi tiang dikelompokkan menjadi dua bagian besar. Kelompok pertama ialah fondasi tiang yang tiangnya sudah dibuat di atas permukaan tanah, termasuk dalam kelompok ini ialah tiang baja dan beton *precast*, sedangkan kelompok kedua ialah fondasi tiang yang tiangnya dibuat secara langsung di dalam tanah di tempat yang sudah direncanakan, jenis tiang ini dikenal sebagai tiang bor. (Poulos, I-Wand Davis, El-I :1980)

1. Fondasi tiang *precast pile*

Fondasi tiang dengan bahan yang sudah siap (sudah berbentuk sesuai dengan hasil perencanaan) yang sering digunakan ialah tiang baja dan tiang beton pracetak. Tiang-tiang semacam ini sudah dipesan dengan bentuk, ukuran, dan spesifikasi yang sesuai dengan hasil perencanaan. Pada awal perkembangannya pemancangan tiang pracetak hanya dilakukan dengan metode *perkusif* (tiang ditancapkan ke dalam tanah dengan cara dipukul). Sejalan dengan perkembangan teknologi, pemancangan tiang pracetak dilakukan dengan metode-metode lain yang pada intinya berusaha untuk menghindari atau mengurangi efek getaran, polusi udara dan suara. Dua cara pemancangan tiang pracetak yang lebih ramah lingkungan, yaitu metode *preboring* dengan *cement milk* dan metode *center augering*.

a. Metode pukulan (*perkusif*)

Dengan metode *perkusif*, tiang pancang yang sudah siap pakai dipukul dengan palu pemukul yang digerakkan secara mekanis dengan daya yang ditimbulkan oleh tenaga ledakan diesel atau tenaga hidrolis.

1. *Drop hammer*

Drop hammer pada prinsipnya menggunakan energi uap yang diproduksi dengan *boiler* dimana mengangkat dan menjatuhkan *hammer* melalui uap yang dihembuskan dan *inlet / outlet* ke lubang piston untuk melakukan pemukulan pada tiang. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai tiang mencapai kedalaman yang direncanakan.

2. *Diesel hammer*

Diesel hammer pada prinsipnya sama dengan *drop hammer* hanya saja proses pengangkatan palu tidak perlu diulang-ulang. Apabila tiang sudah memberikan perlawanan yang berarti, secara otomatis palu akan bergerak naik turun akibat adanya kompresi dan ledakan diesel di dalam ruang bakar di bawah palu.

3. *Hydraulic Hammer*

Hydraulic Hammer pada prinsipnya menggunakan tenaga hidrolis. Ada dua macam *Hydraulic Hammer*, yaitu *single acting* dan *double acting*. Pada *single acting hydraulic* palu setelah diangkat dengan tenaga hidrolis kemudian dilepas begitu saja sehingga jatuh bebas, sedangkan *double acting hydraulic* digerakkan turun dengan menggunakan tenaga hidrolis.

b. Metode *preboring* dengan *cement milk*

Metode ini dikembangkan untuk diterapkan di lokasi kerja yang rentan terhadap pengaruh getaran, dan polusi suara atau udara. Metode ini menggunakan tiang pancang pracetak berbentuk bundar (*PC Spun Pile*)

yang dimasukkan ke dalam tanah setelah terlebih dahulu dibuatkan lubang dengan ukuran lebih besar dari tiang yang akan dipasang. Sebagai pengisi antara dinding lubang dan tiang, digunakan *cement milk* (campuran semen dan air) yang berfungsi sebagai perekat antara tiang dengan tanah. Proses pemasangan tiang dengan metode *preboring* dengan *cement milk* ini digambarkan secara skematis pada lampiran 1.

c. Metode *center boring*

Metode ini dikembangkan untuk mengatasi pekerjaan fondasi pada lingkungan yang sensitif terhadap getaran dan polusi suara atau udara. Pemasangan fondasi dengan cara ini sangat cocok digunakan pada tanah lunak yang memiliki tingkat kelongsoran yang tinggi. Metode ini menggunakan bahan tiang pracetak bundar (*PC Spun Pile*) tanpa sepatu pada ujungnya (ujung tiang terbuka). Tiang ditekan ke dalam tanah dengan tenaga hidrolis yang dikombinasikan dengan beban pemberat di atas tiang setelah terlebih dahulu tanah dibagian ujung tiang dibor dengan alat bor yang melewati rongga dalam tiang. Setelah tiang mencapai kedalaman yang diinginkan, dilakukan penyuntikan *cement milk* dengan tekanan tinggi pada ujung tiang dengan tujuan untuk memperkuat lapisan dasar fondasi. Proses pemasangan tiang dengan metode *center boring* ini digambarkan secara skematis pada lampiran 2.3.

2. Fondasi tiang bor

Pada prinsipnya fondasi tiang bor adalah membuat lubang di dalam tanah dan mengisinya dengan adukan beton. Bahan pertimbangan pemilihan

penggunaan tiang bor biasanya mengenai kapasitas atau daya dukung per unit tiang dan kondisi lingkungan pekerjaan. Aplikasi dari masing-masing proses tersebut tergantung pada jenis tanah dan ketinggian muka air tanah setempat. Berdasarkan proses pengeboran tiang, pekerjaan tiang bor dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu pekerjaan tiang bor tanpa proteksi dan pekerjaan tiang bor dengan proteksi.

1. Pekerjaan Tiang Bor tanpa Proteksi

Pada dasarnya pembuatan tiang bor selalu memerlukan proteksi dengan *casing* sementara (biasanya sekitar 3-6 meter dari muka tanah) untuk mencegah runtuhnya lubang di bagian permukaan akibat desakan alat atau *ring* pengeboran. Pekerjaan tiang bor tanpa proteksi yang dimaksud di sini adalah pembuatan tiang bor yang selama proses pengeborannya dinding tiang tidak perlu dijaga dengan *temporary casing* ataupun *slurry*.

a. Pelaksanaan tiang bor pada kondisi tanah ideal

Pada tanah ideal, pelaksanaan tiang bor menjadi sangat mudah karena dinding lubang bor tidak runtuh selama proses pekerjaan berlangsung. Yang perlu diperhatikan pada kondisi tanah ideal semacam ini adalah ada atau tidaknya air di dalam lapisan tanah yang akan dibor, karena tekanan air tanah yang besar dapat menyebabkan runtuhnya dinding lubang pengeboran.

b. Pelaksanaan tiang bor pada kondisi tanah berbatu

Dalam kondisi tanah yang berbatu, diperlukan peralatan khusus untuk melakukan pengeboran. Pada tanah yang tidak terlalu keras, kita dapat menggunakan *rock auger*, *core barrel* dan *chisel*. Pada tanah dengan batuan yang keras atau cadas diperlukan peralatan bor pemecah batu yang dikenal dengan *Down To Hole Hammer* atau *DTH Hammer*.

2. Pekerjaan Tiang Bor dengan Proteksi

Pekerjaan tiang bor dengan proteksi yang dimaksud di sini adalah pembuatan tiang bor yang selama proses pengeborannya dinding tiang perlu dijaga dengan *temporary casing* ataupun *slurry*. Kondisi ini biasanya diterapkan pada tanah yang mudah runtuh dan berpasir lepas.

2.3 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini juga digunakan tinjauan pustaka penelitian yang pernah dilaksanakan antara lain:

Penelitian Jalu Sunu Ajie dan Dadang Nur Fuad (1999)

Pokok pembahasan yang diambil adalah **Analisis Pengaruh Formasi Tiang Pancang Kelompok Frankipile terhadap Daya Dukung Fondasi pada Proyek Gedung Perpustakaan UMY**, kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Daya dukung yang dihasilkan pada metode statis lebih besar dari metode pemancangan *Frankipile*. Hal ini disebabkan oleh pengambilan faktor keamanan yang terlalu besar pada metode pemancangan *Frankipile*.
2. Daya dukung yang dihasilkan pada metode pemancangan *Frankipile* (dinamik) sangat dipengaruhi oleh *final set*.

3. Metode statis yang digunakan dalam menganalisa daya dukung fondasi tiang pancang kelompok *Mini Franki MF-32*, menunjukkan nilai daya dukung yang lebih besar dari metode yang digunakan oleh *Frankipile* yaitu metode dinamik.
4. Hasil analisa menunjukkan kesesuaian dengan hipotesis, sehingga hipotesis dapat diterima. Hipotesisnya: “Analisa dengan menggunakan metode statis akan mendapatkan nilai daya dukung fondasi yang lebih besar daripada menggunakan metode pemancangan Frankipile (dinamik)”.
5. Metode statis yang digunakan dalam menganalisa daya dukung fondasi tiang pancang kelompok *Mini Franki MF-32*, menunjukkan panjang tiang bervariasi dapat diefisiensikan dengan menggunakan panjang tiang yang diseragamkan dari muka tanah.

2.4 Estimasi Biaya Konstruksi

Estimasi biaya konstruksi adalah perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk suatu proyek konstruksi. Menurut definisi dari National Estimating Society USA: “Estimasi biaya adalah seni memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu.”

Perkiraan biaya berkaitan erat dengan pengalaman dan kajian biaya kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun estimasi biaya. Estimasi biaya dilakukan sebelum pelaksanaan proyek, sehingga dengan

estimasi biaya konstruksi diharapkan tidak jauh berbeda dengan biaya sebenarnya atau biaya aktual (*actual cost*).

2.4.1 Tujuan Estimasi Biaya

Tujuan pembuatan estimasi biaya:

1. Bagi Pemilik:

- a. Sebagai patokan penyediaan dana,
- b. Mengetahui kelayakan proyek tersebut dari segi keuangan/ekonomi,
- c. Sebagai bahan evaluasi proyek,
- d. Sebagai dasar pembandingan dalam lelang/tender,
- e. Penentuan besarnya pajak dan asuransi.

2. Bagi Konsultan (Perencana, MK):

- a. Sebagai bahan perencanaan, lebih lanjut (pekerjaan tambah, kurang, pengembangan),
- b. Pemilihan alternatif proyek (luasnya, kualitas bahan, jenis bahan),
- c. Alat pengendali biaya.

3. Bagi Kontraktor:

- a. Sebagai dasar tender dan pengajuan penawaran,
- b. Dasar perkiraan modal/dana pelaksanaan,
- c. Dasar untuk penyediaan bahan, alat, tenaga kerja, dan waktu pelaksanaan,
- d. Dasar untuk pengendalian biaya,
- e. Dasar untuk pengajuan pembayaran.

2.4.2 Data yang Diperlukan Dalam Pembuatan Estimasi Biaya

Data yang diperlukan untuk estimasi biaya:

1. Gambar rencana:
 - a. Arsitektur (denah, tampak, potongan, dan detail).
 - b. Struktur.
 - c. ME dan *Plumbing*.
 - d. Taman dan infrastruktur.
2. Spesifikasi (peraturan dan syarat-syarat).
3. Berita acara penjelasan pekerjaan.
4. Daftar harga bahan.
5. Daftar upah di daerah tersebut.
6. Peraturan-peraturan yang terkait.
7. Spesifikasi bahan dari pabrik (produsen).
8. Daftar analisa BOW.
9. Daftar upah borongan.
10. Daftar volume/satuan tiap pekerjaan.

2.4.3 Jenis-Jenis Estimasi Biaya

Secara umum estimasi biaya dapat dibagi menjadi dua kelompok:

1. Estimasi Awal/Estimasi Kasar

Yaitu estimasi biaya yang perhitungannya hanya didasarkan pada luas lantai bangunan dikalikan satuan harga per m² nya. Satuan harga bangunan per m² dibedakan atas kelas bangunan, tipe dan daerah dari bangunan tersebut.

Kelas dan tipe bangunan didasarkan pada jumlah tingkat/lantai, struktur bangunan (sederhana, sedang, berat), macam bahan bangunan (sederhana, biasa, mewah), macam bangunan kelas A, B, C. Estimasi biaya kasar digunakan untuk mengetahui anggaran biaya proyek secara cepat.

2. Estimasi Detil/Rinci

Yaitu estimasi biaya yang didasarkan pada perhitungan rinci tiap item pekerjaan yang ada pada proyek (volume) dan menggunakan Analisa Harga Satuan setiap item pekerjaan, sehingga diperoleh estimasi biaya total untuk seluruh proyek tersebut.

2.4.4 Langkah dan Cara Membuat Estimasi Biaya

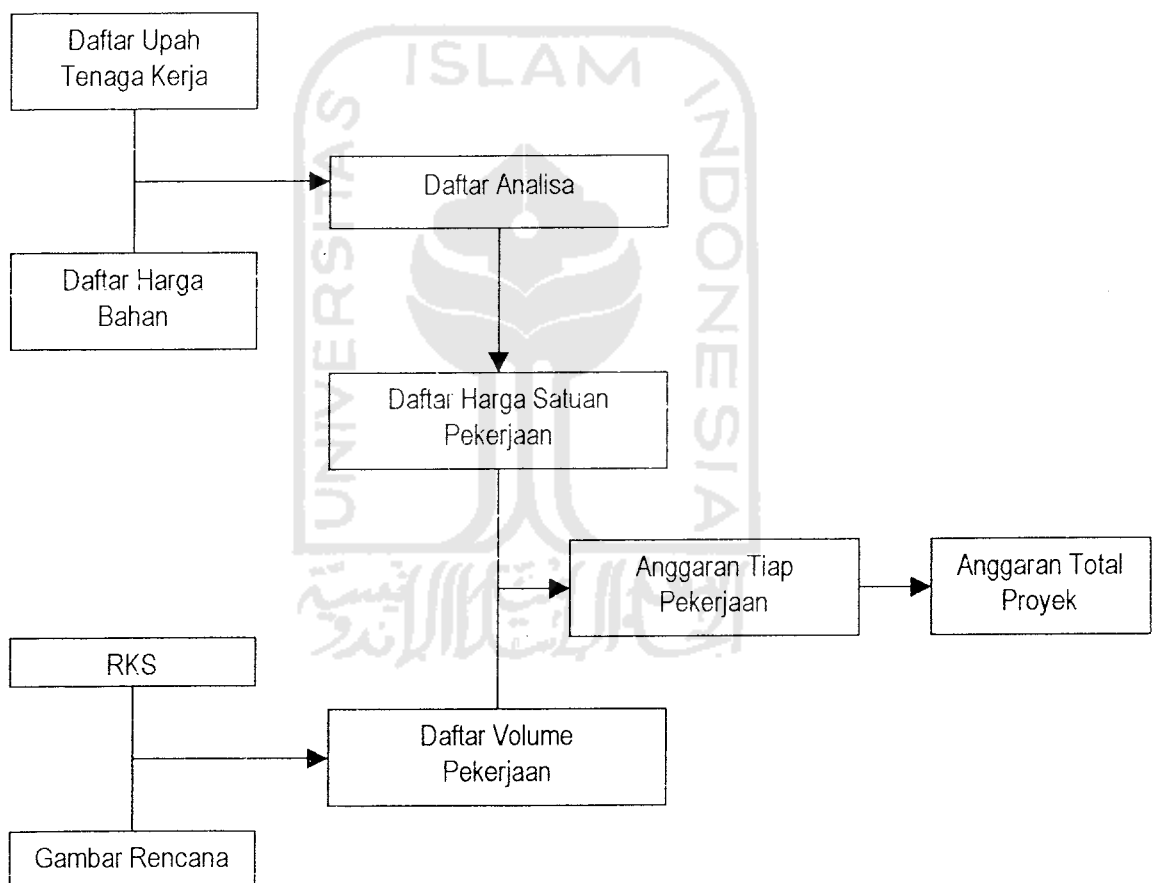
Langkah dan cara yang diperlukan dalam membuat estimasi biaya suatu proyek adalah sebagai berikut:

1. Kumpulkan data-data tentang harga bahan dan upah tenaga kerja,
2. Menyusun data-data tentang harga bahan dan upah tenaga kerja, sehingga menjadi sebuah daftar harga,
3. Mengumpulkan data gambar proyek dan spesifikasinya,
4. Membuat daftar volume pekerjaan dari data gambar proyek yang spesifikasinya sudah jelas,
5. Menyusun perhitungan harga satuan untuk tiap pekerjaan,
6. Membuat rekapitulasi dari masing-masing jenis pekerjaan, sehingga diperoleh harga nominal proyek. Kemudian dengan menambah jasa Pemborong/

Kontraktor ($\pm 10\%$ dari jumlah nominal) dan PPN $\pm 10\%$ maka diperoleh jumlah total anggaran penawaran/kontrak,

7. Menyusun biaya total proyek.

Adapun urutan dan langkah membuat estimasi biaya diatas dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Bagan perhitungan anggaran biaya