

JURNAL TEKNIK SIPIL

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: IR. LILIES WIDOJOKO, MT
DEWAN PENYUNTING	: DR. IR. ANTONIUS, MT (Univ. Sultan Agung Semarang) : DR. IR. NUROJI, MT (Univ. Diponegoro) : DR. IR. FIRDAUS, MT (Univ. Sriwijaya) : DR. IR. Hery Riyanto, MT (Univ. Bandar Lampung) : APRIZAL, ST., MT (Univ. Bandar Lampung)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: FRITZ AKHMAD NUZIR, ST., MA(LA)
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: IB. ILHAM MALIK, ST, SUROTO ADI
Email	: jtsipil@ubl.ac.id
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bandar Lampung

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April



Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2015

ISSN 2087-2860

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	ii
Daftar Isi.....	iii
1. Uji Kekakuan Balok Dengan Sambungan Tulangan Baja Metode Sambungan Kait	
Hery Riyanto.....	780-794
2. Perencanaan Check Dam Way Rarem Di Kabupaten Lampung Utara	
Sugito	795-817
3. Analisa Dan Desain Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Bentuk Tiang	
Lilies Widodojoko	818-842
4. Study Karakteristik Arus Lalu Lintas Berkaitan Dengan Populasi Penduduk Kota Batu Raja Kabupaten Ogan Komering Ulu Sumatera Selatan	
Juniardi.....	843-860
5. Pengaruh Penggunaan Semen Pozzolan Tipe-B Terhadap Kuat Tekan beton	
A Ikhsan Karim.....	861-872

ANALISA DAN DESAIN PONDASI TIANG PANCANG BERDASARKAN BENTUK TIANG

LILIES WIDOJOKO

Dosen Universitas Bandar Lampung

E-mail : lilieswidojoko@ubl.ac.id

Abstrak

Definisi pondasi adalah bagian terbawah dari suatu bangunan (sub structure) yang menerima dan meneruskan seluruh beban-beban yang bekerja di bag'an atasnya dengan segala efeknya, termasuk beban tidak tetap, gempa, angin, suara, yang kemudian diterima oleh suatu lapisan tanah sehingga diharapkan bangunan dalam kondisi aman. Pondasi tiang merupakan type pondasi yang sering digunakan pada stuktur bangunan yang membutuhkan daya dukung yang sangat besar, seperti gedung bertingkat, jembatan dan lain-lain. Apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang aman untuk memikul berat bangunan serta beban yang bekerja di atasnya, atau apabila lapisan tanah yang mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang aman untuk memikul berat bangunan letaknya sangat dalam.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) Ditinjau dari segi kekuatan bahan, maka daya dukung pondasi yang paling besar adalah pondasi baja H yaitu sebesar 194,6 ton, (2) Ditinjau dari daya dukung tanah, daya dukung pondasi yang paling besar adalah pada pondasi tiang baja profil H yaitu sebesar 7719 ton, (3) Kondisi tanah sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya kapasitas daya dukung yang dapat dipikul oleh tiang pancang.

Kata Kunci : Tiang Pancang, Daya Dukung Pondasi

I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Semua struktur bangunan yang akan direncanakan ditumpu oleh tanah di mana bangunan tersebut akan didirikan. Struktur bangunan secara umum terdiri dari dua bagian, yaitu struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*) yang merupakan penghubung antara struktur atas dan struktur bawah. Struktur bawah inilah yang di sebut dengan FONDASI.

Definisi pondasi adalah bagian terbawah dari suatu bangunan (*sub structure*) yang menerima dan meneruskan seluruh beban-beban yang bekerja di bag'an

atasnya dengan segala efeknya, termasuk beban tidak tetap, gempa, angin, suara, yang kemudian diterima oleh suatu lapisan tanah sehingga diharapkan bangunan dalam kondisi aman.

Pondasi tiang merupakan type pondasi yang sering digunakan pada stuktur bangunan yang membutuhkan daya dukung yang sangat besar, seperti gedung bertingkat, jembatan dan lain-lain. Apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang aman untuk memikul berat bangunan serta beban yangbekerja di atasnya, atau apabila lapisan tanah yang mempunyai daya dukung

(*bearing capacity*) yang aman untuk memikul berat bangunan letaknya sangat dalam.

Masalah-masalah yang sering muncul pada saat pemancangan di antaranya yaitu pergerakan tanah di sekitar pondasi, kerusakan tiang, penghentian pemancangan serta pemilihan alat untuk pemancangan tiang.

Mengingat hal-hal tersebut di atas, maka perencanaan struktur pondasi tiang sangat dipengaruhi oleh tata cara pelaksanaan pemancangan pondasi itu sendiri, keadaan lapisan tanah, bahan tiang pancang, bentuk tiang, sehingga perencanaan pondasi tiang pancang benar-benar memerlukan analisa yang efektif.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulisan ini adalah untuk menganalisa serta merencanakan bentuk pondasi tiang pancang, sehingga diharapkan akan didapat bentuk pondasi tiang yang sesuai dengan data tanah data hasil.

1.3. Lingkup Pembahasan

Sesuai dengan judul tulisan ini maka pembahasannya hanya meliputi masalah yang menyangkut kekuatan dan daya dukung pondasi tiang pancang. Perhitungan daya dukung tiang pancang yang akan direncanakan adalah perhitungan daya dukung tiang pancang yang didasarkan bahan tiang dan data tanah serta perhitungan penulangan untuk tiang pancang beton.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemilihan Tipe Pondasi

Yang dimaksud dengan pondasi adalah bagian terbawah dari suatu bangunan (*sub structure*) yang menerima dan meneruskan beban-beban yang bekerja di atasnya dengan segala efeknya, termasuk beban tidak tetap, gempa, angin, suara yang kemudian diterima oleh satu lapisan tanah

sehingga diharapkan bangunan dalam keadaan aman.

Banyak faktor yang menentukan dalam pemilihan jenis pondasi, diantaranya adalah : Keadaan lapisan tanah Beban struktur atas yang bekerja Keadaan tanah sekitar pondasi Biaya pembuatan pondasi.

Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut di atas maka diusahakan untuk mendapatkan suatu kesimpulan sebagai dasar guna menentukan pilihan tipe pondasi.

Pada umumnya ada dua jenis pondasi, yaitu:

1. Pondasi dangkal (*Shallow Foundation*)
2. Pondasi dalam (*Deep Foundation*)

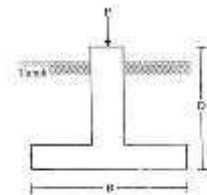
a. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Macam-macam pondasi dangkal, yaitu:

1. pondasi tapak setempat (*Individual Footing*)
2. Pondasi tapak gabungan (*combine Footing*)
3. Pondasi tapak jalur (*Strip Footing*)
4. Pondasi lantai (*Rafi Foundation*)

Untuk menentukan kedalaman pada pondasi dangkal ini pada umumnya dirumuskan dengan perbandingan $D < B$, dimana D adalah kedalaman pondasi, dan B adalah lebar pondasi. Lihat gambar :

Gambar 2.1 Bentuk Umum Pondasi



Dalam penentuan stabilitas pondasi, ada 3 hal yang penting yang harus diperhatikan, yaitu sebagai berikut:

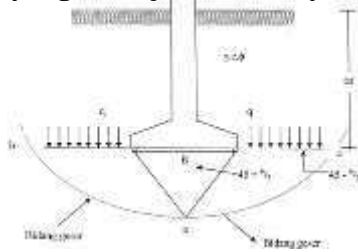
1. Penurunan yang akan terjadi (*settlement*), ini tergantung dari jenis tanah tempat di mana akan didirikan pondasi tersebut. Biasanya penurunan pada pondasi disebabkan oleh kemampuan dari lapisan tanah akibat dari beban yang

- bekerja secara vertikal pada konstruksi tersebut.
2. Pergeseran (*shear failure*) dan tentu saja hal ini tergantung pada kekuatan geser tanah.
 3. Daya dukung tanah, yaitu apakah tanah yang bersangkutan cukup kuat untuk menahan beban-beban yang bekerja pada pondasi tanpa terjadi keruntuhan.

Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan Kepadatan dan kekuatan gesernya apabila yang bekerja pada tanah pondasi telah lewat dari daya dukung batasnya. Tegangan geser yang ditimbulkan di dalam tanah melampaui ketahanan geser tanah maka akan berakibat keruntuhan geser dari tanah. Ada beberapa teori yang biasa di pakai dalam menghitung besarnya daya dukung tanah, yaitu diantaranya :

1. K. Terzaghi

Gambar 2.2 Pondasi dengan gaya-gaya yang bekerja di dalamnya



Dimana

- y = berat volume tanah
- B = lebar tapak pondasi
- C = kohesi tanah
- Df = kedalaman pondasi
- ϕ = sudut geser tanah dalam
- P = beban struktur atas

Adapun rumus persamaan daya dukung tanah menurut K. Terzaghi adalah sebagai berikut:

1. Pondasi dengan bentuk tapak bujur sangkar

$$Q_{ult} = 1.3 C N_c + Q N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$$

2. Pondasi dengan bentuk tapak lingkaran

$$Q_{ult} = 1.3 C N_c + Q N_q + 0.3 \gamma B N_\gamma$$

3. Pondasi dengan bentuk tapak persegi panjang

$$Q_{ult} = (1 + 0.3 B/L) C N_c + Q N_q + (0.5 - 0.1 B/L) \gamma B N_\gamma$$

4. Pondasi tapak jalur

$$Q_{ult} = C N_c + Q N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

Dimana :

Q_{ult} = Besarnya beban maksimal yang masih bisa diterimapondasi

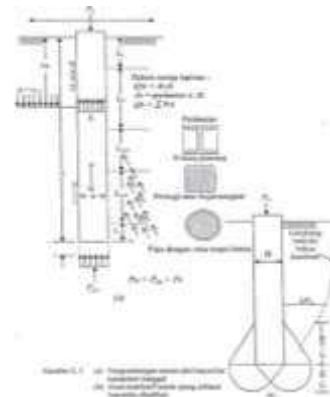
C = Kohesi tanah sepanjang ac dan ab

Q = Tekanan vertikal akibat beban tambahan

$$= \gamma \times Df$$

B = Lebar tapak pondasi

2. Mayerhoff



Menurut Mayerhoff, daya dukung maksimum pondasi adalah sebagai berikut:

Jika $L/B < L_c/B$ dan $\langle f \rangle > 0$ (tanah tak berkohesi),

$$Q_u = A_p \cdot q N' q$$

Jika $L/B > L_c/B$ (tegangan dukung tidak dapat melebihi nilai batas) seperti di bawah ini :

$$Q_u = A_p q N' q \leq A_p (50 N' q) \tan \phi$$

Dimana :

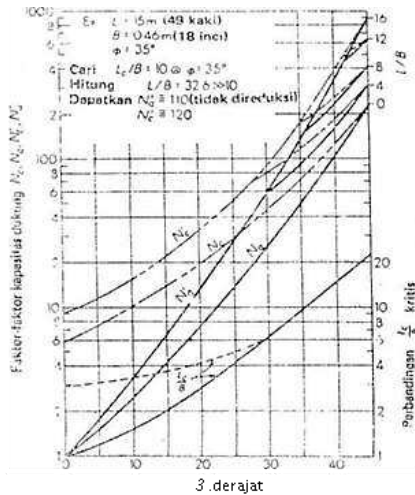
Q_u = Beban maksimal yang masih dapat diterima pondasi

A_p = Luas penampang tiang

q = Tegangan vertical efektif pada titik tiang pancang

$N'q$ = Faktor kapasitas dukung yang disesuaikan untuk $L/B > 1$ dan bergantung pada sudut permulaan gesekan pada q .

Gambar 2.4 Faktor-faktor kapasitas dukung untuk pondasi dalam



Di dalam menggunakan faktor-faktor Mayerhof N :

1. Hitung $R_1 = L/B$ dan dapatkan $R_2 = L/B$ cari kurva-kurva pada nilai ϕ yang diketahui .

2. Masuki kurva -kurva tersebut dengan ϕ . Jika $R_1 > 0.5 R_2$ dan $\phi < 30^\circ$ maka di dapatkanlah faktor-faktor $N'c$, $N'q$ secara langsung. Jika $R_1 < 0.5 R_2$ maka digunakan pertambahan perbandingan linier dari Nc , Nq untuk mendapatkan $N'c$ dan $N'q$ yakni $N'c = Nc + (N'c - Nc) (R_1 / 0.5 R_2)$.

Jika $\phi > 30^\circ$ maka proyeksikan ke kurva tereduksi untuk L/B yang sesuai. Gunakan interpolasi Kira - kira untuk L/B di antara kurva - kurva tersebut.

b. Pondasi Dalam (Deep Foundation)

Pondasi dalam digunakan apabila tanah dasar sebagai tempat perletakan pondasi tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang bekerja di atas, atau apabila tanah dasar tersebut letaknya sangat dalam. Ada beberapa jenis pondasi dalam, di antaranya yaitu :

1. Pondasi tiang pancang (Pile Foundation)
2. Ada dua jenis pondasi tiang pancang, yaitu Driven Pile dan Bored Pile.
3. Pondasi sumuran
4. Pondasi kaisan

Dari ketiga jenis pondasi dalam ini yang akan menjadi pokok pembahasan adalah pondasi tiang pancang.

2.2. Klasifikasi Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah konstruksi yang terbuat kayu, beton, dan/atau baja yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah. Hal ini boleh jadi merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung kepada tingkat yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang.

Tanah di sekitar pondasi tiang pancang dapat berpindah yang disebabkan oleh pondasi tersebut. Pondasi tiang pancang dapat diklasifikasikan berdasarkan cara pemindahan beban, berdasarkan bahan yang digunakan, fungsi serta bentuk tiang.

2.2.1. Menurut Cara Pemindahan Beban

Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang dibagi dua bagian, yaitu :

a. Point Bearing Pile (End Bearing Pile)

Tiang pancang dengan tahanan ujung dimana tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras. Lapisan tanah keras ini dapat merupakan lempung keras sampai pada

batu-batuan tetap yang sangat keras. Bila lapisan tanah keras tersebut terdiri dari batuan keras maka penentuan daya dukung tiang akan tergantung pada kekuatan bahan tiang itu sendiri.

Bila lapisan tanah keras tersebut terdiri dari lapisan pasir maka daya dukung tiang tersebut sangat tergantung pada sifat-sifat lapisan pasir terutama mengeraikepadatan lapisan pasir tersebut. Untuk itu diperlukan analisa dan data yang akurat untuk dapat menentukan sampai berapa dalam tiang harus dipancangkan dan berapa daya dukung lapisan keras terhadap ujung tiang.

b. Friction Pile

Friction pile pada tanah dengan butir-butir tanah keras (*coarse grained*), tiang meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit (*skin friction*). Pada proses pemancangan tiang-tiang ini dalam suatu kelompok yang mana satu sama lainnya saling berdekatan akan menyebabkan berkurangnya pori-pori tanah dan memadatkan tanah diantara tiang tersebut dan tanah di sekeliling tiang. Karena itu tiang-tiang yang termasuk kategori ini disebut juga "*compaction pile*".

Friction pile pada tanah dengan butir-butir yang sangat halus (*veryfine grained*), juga meneruskan beban ke tanah melalui kulit (*skin friction*), akan tetapi pada proses pemancangan kelompok tiang menyebabkan tanah diantara tiang-tiang ini menjadi padat, karena itu tiang-tiang yang termasuk kategori ini disebut "*Floating pile foundation*".

2.2.2. Menurut Bahan yang Digunakan

Menurut bahan yang digunakan, tiang pancang dibagi 4, yaitu :

a. Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang kayu dibuat dari pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong,

dan biasanya diberi bahan pengawet, dan didorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Titik (ujung runcing) dapat dilengkapi dengan sebuah sepatu pendorong logam bila tiang pancang harus menembus tanah keras atau tanah berkerikil, jika tidak maka ujung runcing tersebut dapat dipotong dalam bentuk persegi atau dengan suatu ujung runcing.

Pada umumnya ada pembatasan-pembatasan pada ukuran ujung runcing dan ujung tebal sebagaimana halnya dengan ketidaksejajaran yang masih dapat diperkenankan. Persyaratan penjajaran adalah bahwa sebuah garis lurus dari titik pusat ujung tebal ke titik pusat ujung runcing terlerak di dalam poros tiang pancang, seperti terlihat pada gambar berikut ini.

Gambar 2.5 Kriteria penjajaran untuk tiang pancang kayu



Tiang pancang kayu dapat dikategorikan sebagai berikut:

Kelas A : Digunakan untuk beban-beban berat dan/atau panjang tak bertopang yang besar. Diameter minimal daripada ujung tebal adalah 360 mm.

Kelas B : Untuk beban-beban sedang, diameter minimal daripada ujung tebal adalah 300 mm.

Kelas C : Untuk pekerjaan yang bersifat sementara, diameter ujung tebal minimal 300 mm. Kulit kayu (*bark*) dapat ditinggalkan (dibiarkan) pada kelas tiang pancang ini.

Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah dimana

banyak terdapat hutan kayu, sehingga mudah memperoleh balok/tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk digunakan.

Ujung pendorong dari sebuah tiang pancang kayu biasanya rusak diakibatkan dari energi martil. Kerusakan ini dapat dikontrol dengan menggunakan topi tiang pendorong atau pita logam di sekeliling ujung tebal seperti terlihat pada Gambar 2.6 di bawah ini. Sebuah tiang pancang kayu dapat pecah dimana tanahnya sangat keras atau mengandung batu-batu besar. Dimana terdapat penambahan penetrasi secara mendadak, maka harus dicurigai adanya poros tiang pancang yang patah.

Gambar 2.6. Alat-alat untuk melindungi tiang pancang selama pendorongan



Gambar 2.7. Sambungan-sambungan tiang pada tiang pancang kayu.

(a) Dengan menggunakan selubung logam

(b) Dengan menggunakan plat-sambungan



Beban perencanaan yang diperkenankan yang didasarkan pada bahan tiang pancang adalah sebagai berikut:

$$Q_{.si} = A_s \times f_s$$

Dimana

$Q_{.si}$ = Beban perencanaan yang diperkenankan.

A_s = Luas penampang tiang pancang rata-rata pada topi tiang.

f_s = Nilai tegangan perencanaan yang diperbolehkan (kode untuk jenis kayu).

Keuntungan pemakaian tiang pancang kayu adalah :

1. Tiang pancang dari kayu relatif ringan sehingga mudah dalam masalah transportasinya.
2. Kekuatan tarik besar sehingga pada waktu pengangkatan untuk pemancangan tidak menimbulkan kesulitan seperti misalnya pada tiang pancang beton.
3. Mudah untuk memotongnya apabila tiang kayu ini sudah tidak dapat masuk lagi kedalam tanah.
4. Tiang pancang kayu ini lebih sesuai/baik untuk *friction pile* daripada *end bearing pile*, sebab tegangan tekanannya relatif kecil.
5. Karena tiang pancang kayu ini relatif fleksibel dan lenting terhadap arah horizontal dibandingkan dengan tiang pancang selain kayu. Maka apabila tiang ini menerima beban horizontal yang tidak tetap, tiang pancang kayu ini akan melentur dan segera kembali ke posisi semula setelah beban horizontal tersebut hilang. Hal ini sering terjadi pada dermaga-dermaga di mana mendapat tekanan ke samping dari kapal-kapal (perahu-perahu).

Adapun kerugian dari pemakaian pondasi tiang pancang kayu :

1. Karena tiang pancang kayu ini harus selalu terletak di bawah muka air tanah yang terendah agar dapat tahan lama, maka kalau air tanah yang terendah tersebut letaknya sangat

dalam, hal ini akan menambah biaya untuk penggalian.

2. Tiang pancang yang dibuat dari kayu mempunyai umur yang relatif kecil dibandingkan dengan tiang pancang yang terbuat dari baja atau beton, terutama pada daerah yang tinggi air tanahnya sering naik turun.
3. Pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatu (*gravel*), ujung tiang pancang kayu dapat patah atau ujung tiang tersebut dapat pula remuk. Apabila tiang kayu tersebut kurang lurus, maka pada waktu dipancarkan akan menyebabkan penyimpangan terhadap arah yang telah ditentukan.
4. Tiang pancang kayu tidak tahan terhadap benda-benda yang agresif dan jamur yang menyebabkan pembusukan.

b. Tiang Pancang Beton

Tiang pancang di dalam kategori ini dibentuk di tempat pencoran sentral sampai panjang yang sudah ditentukan, kemudian dikirimkan ketempat konstruksi. Tiang pancang pra cetak yang menggunakan penguatan biasa dibuat untuk tegangan-tegangan lentur selama waktu pengambilan dan pengangkutan, untuk momen lentur daripada beban-beban lateral, dan untuk menyediakan tahanan yang mencukupi terhadap beban-beban vertikal dan terhadap setiap gaya tegangan yang timbul selama pendorongan.

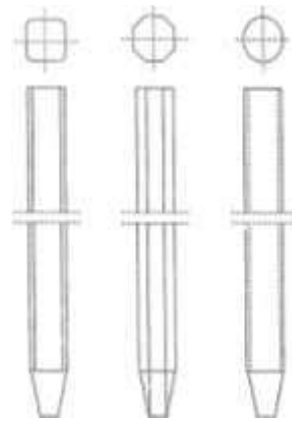
Precast reinforced concrete pile yaitu tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dalam acuan beton (*bekisting*). Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar, lebih besar 50 ton untuk setiap tiang, hal ini tergantung dari dimensi tiang itu sendiri. Dalam perencanaan tiang pancake beton precast ini, panjang tiang harus dihitung dengan teliti, sebab kalau ternyata panjang daripada tiang ini kurang, terpaksa harus

dilakukan penyambungan dan ini tentu memakan banyak waktu.

Bentuk-bentuk pondasi tiang pancang beton umumnya adalah sebagai berikut:

1. Bentuk segi empat (*Square pile*)
2. Bentuk segi delapan (*Octogonal pile*)
3. Bentuk lingkaran

Gambar 2.8 Bentuk penampang tiang pancang beton

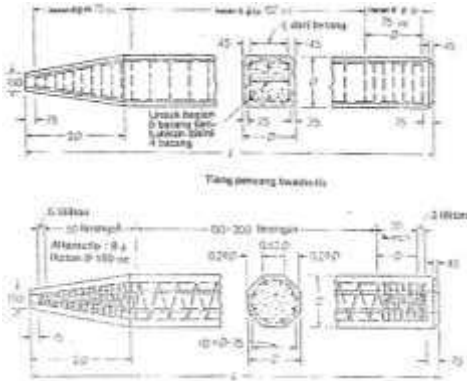


Pondasi tiang pancang beton pracetak digunakan pada kondisi tanah yang tidak memungkinkan untuk mengecor beton di tempat. Jika ruangan tersedia dan sejumlah kwantitas yang diperlukan cukup, pengecoran dapat dilakukan di tempat pembangunan untuk mengurangi biaya transportasi. Pracetak di pabrik dapat mengurangi kebutuhan tempat pembangunan, namun memerlukan peralatan pengangkut tiang pancang dari tempat pembuatan ke tempat pembangunan.

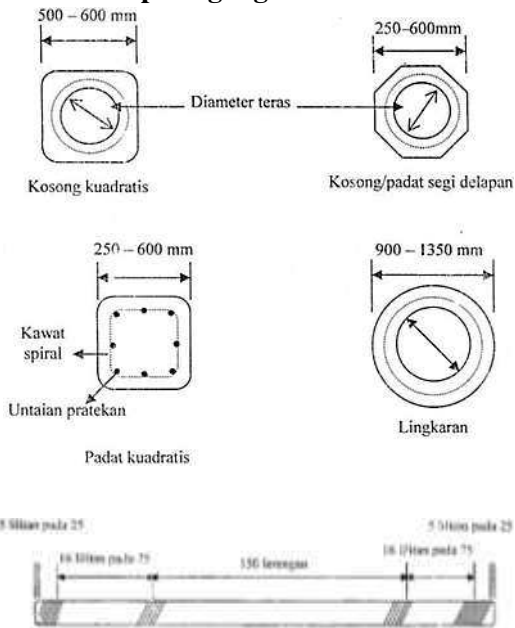
Tiang pancang beton pracetak dapat dibuat dengan menggunakan penguat biasa (beton bertulang) seperti terlihat pada Gambar 2.9. atau dengan

menggunakan tiang beton pratekan seperti terlihat pada Gambar 2.10.

Gambar 2.9. Tiang beton pracetak dengan penguat biasa (beton bertulang)



Gambar 2.10 Tiang pancang beton prategang khusus



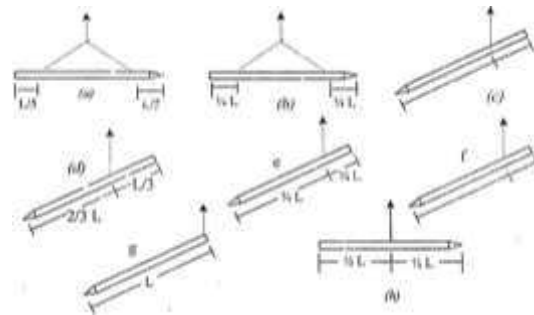
Tiang pancang beton pracetak yang menggunakan penguatan biasa (beton bertulang) dibuat tegangan-tegangan lentur selama waktu pengambilan (*pick up*) dan pengangkutan ke tempat pembangunan untuk momen-momen lentur daripada beban-beban lateral dan untuk menyediakan tahanan yang mencukupi terhadap beban-beban vertical dan terhadap setiap gaya tegangan yang timbul selama pendorongan. Pada gambar dibawah ini

ditunjukkan momen-momen lentur khusus yang dikembangkan selama pengambilan yang tergantung pada tempat titik pengambilan. Titik pengambilan harus ditandai dengan jelas karena momen-momen lentur sangat tergantung pada tempat titik tersebut.

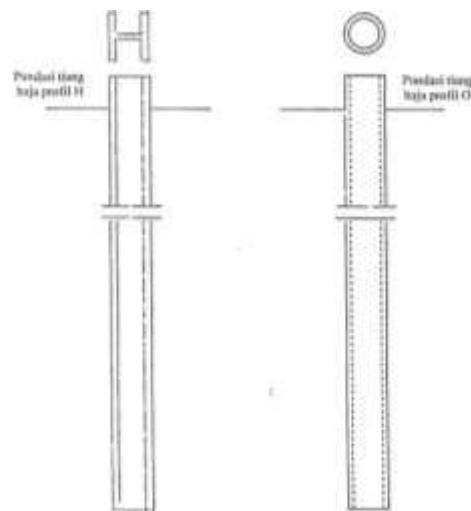
Tabel 2.1. Metode pengangkatan tiang pancang beton

Titik pengangkatan tiang	Momen maksimum
Dua titik pada L/5 dari setiap ujung	WL/40 (Gambar 4.a)
Dua titik pada L/4 dari setiap ujung	WL/32 (Gambar 4.b)
Satu titik 3L/10 dari kepala tiang	WL/22 (Gambar 4.c)
Satu titik L/3 dari kepala tiang	WL/18 (Gambar 4.d)
Satu titik L/4 dari kepala tiang	WL/18 (Gambar 4.e)
Satu titik L/5 dari kepala tiang	WL/14 (Gambar 4.f)
Pengangkatan dari kepala tiang	WL/8 (Gambar 4.g)
Pengangkatan dari tengah	WL/8 (Gambar 4.h)

Gambar 2.11 Tempat titik-titik pengambilan untuk tiang pancang pracetak dengan momen lentur yang dihasilkan



Gambar 2.12. Pondasi tiang baja



Beban perencanaan yang diperbolehkan untuk sebuah tiang pancang baja yang didasarkan pada bahannya adalah :

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

Dimana :

Q_s = Beban perencanaan yang diperkenankan

A_s = Luas penampang tiang pancang pada topi

f_s = Tegangan baja yang diperbolehkan

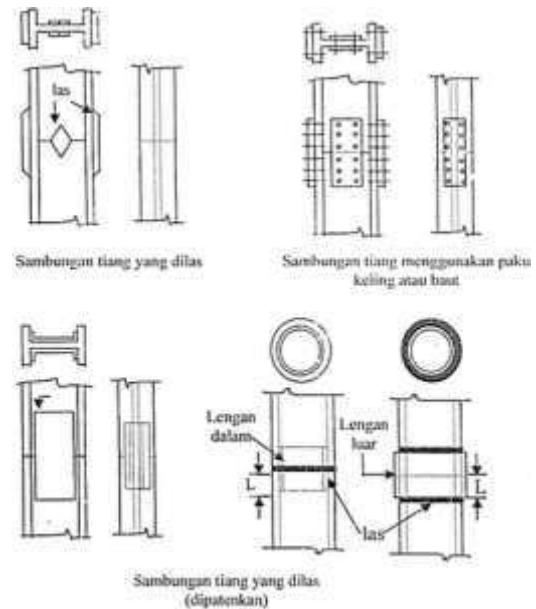
Tiang pancang pipa sering kali diisi dengan beton setelah pendorongan, walaupun di dalam beberapa hal pengisian ini tidak perlu. Pipa yang ujungnya terbuka melibatkan perpindahan volume yang relatif kecil selama pendorongan. Di dalam hal mengenai tiang pancang pipa, jika dijumpai batu-batu kecil maka batu-batu tersebut dapat dipecahkan dengan menggunakan mata bor pemotong, atau dengan peledakan, dan melalui pipa.

Sambungan-sambungan tiang pada tiang pancang baja di lakukan dengan cara yang sama seperti di dalam kolom-kolom baja, yakni dengan pematrian/las, pemakaian paku keling (*riveting*) atau pemasangan baut. Tegangan-tegangan perencanaan di dalam sambungan tiang akan bergantung pada tempat sambungan tiang dan kode bangunan setempat.

Sambungan yang terletak di atas tanah haruslah sekuat tiang pancang. Untuk yang berada di bawah permukaan tanah, sambungan tiang tersebut hanya perlu mempunyai kekuatan yang besarnya sepertiga sampai setengah daripada kekuatan tiang pancang. Bila sebuah tiang pancang harus di beri sambungan maka semua peralatan yang perlu haruslah siap untuk di pakai sehingga bila palu di tutup maka sambungan tiang dapat dibuat dengan cepat.

Tiang pancang H dan tiang pancang pipa mungkin memerlukan penguatan titik untuk menembus tanah-tanah keras atau tanah-tanah yang mengandung batu-batu tanpa menyebabkan kerusakan besar pada titik (ujung runcing) tersebut.

Gambar 2.13 Sambungan tiang untuk tiang pancang H dan tiang pancang pipa

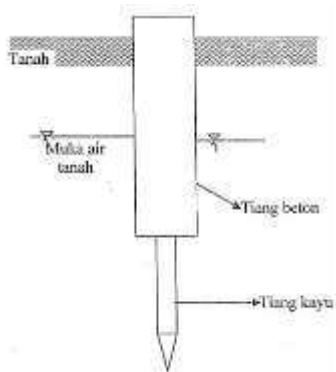


d. Pondasi Tiang Komposit

Yang dimaksud dengan tiang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua beihan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Tiang komposit digunakan pada kondisi tanah di mana tiang jenis biasa tidak memungkinkan.

Tiang komposit ini umumnya berupa tiang beton dan kayu, dimana tiang kayu dibagian bawah air tanah, sedangkan beton berada di atasnya. Selain itu komposit tiang baja dan beton dapat dipasang dengan cara yang sama dengan tiang komposit kayu dan beton, yaitu dengan tiang baja berada di bawah air tanah dan beton berada di atasnya. Contoh tiang komposit dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut ini:

Gambar 2.14 Pondasi tiang komposit



2.3. Fungsi Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawahnya tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul beban letaknya sangat dalam.

Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban-beban dari konstruksi di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah yang lebih dalam. Proses meneruskan beban ini dapat

dilakukan dengan mendistribusikan beban secara vertikal sepanjang permukaan selimut tiang atau dengari penerapan beban langsung ke tanah pendukung melalui ujung tiang. Selain beban tersebut yang bekerja pada ujung tiang atas, terjadi gaya berat sendiri tiang dan gaya gesek negatif pada tubuh tiang dalam arah vertikal dan gaya mendatar akibat getaran ketika tiang melentur dalam arah mendatar.

III. METODELOGI

3.1. Pemilihan Tipe Tiang Pancang

Suatu bangunan akan tetap berdiri tegak apabila tanah dasar dibawahnya cukup kuat untuk mendukungnya. Beban bangunan dilimpahkan kepada tanah dasar melalui pondasi bangunan, karena itu letak pondasi bangunan harus baik dan kokoh didalam tanah sesuai dengan kondisi tanahnya, sedangkan konstruksi itu sendiri harus cukup kokoh untuk menerima beban-beban dan melimpahkannya pada tanah dasar. Konstruksi pondasi juga dipilih yang ekonomis yaitu menekan biaya pembangunan dan pemeliharaannya serendah mungkin dengan tanpa mengurangi kekokohnya.

Tanah harus cukup kuat menahan gaya-gaya yang menimbulkan penurunan dan pergeseran pondasi. Besarnya daya dukung tanah tergantung dari sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Pemilihan pondasi yang sebaik-baiknya akan memerlukan pengetahuan cukup tentang sifat dan kekakuan tanah, konstruksi pondasi, cara-cara pembuatan pondasi, bahan bangunan dan juga perhitungan kekokohan.

Pemilihan tipe tiang pancang pada umumnya didasarkan atas tiga faktor pokok, yaitu sebagai berikut:

1. Lokasi dan tipe bangunan (*location & structure*)
2. Keadaan tanah (*subsurface condition*)
3. Ketahanan tiang (*durability*)

1.Faktor Lokasi dan Tipe Bangunan

Keterbatasan tempat lokasi pembangunan merupakan suatu kendala yang harus diatasi dengan mengatur peralatan, bahan, dan tenaga kerja. Tuntutan ketenangan dari lingkungan tempat pembangunan juga harus diperhatikan seperti gangguan suara yang umumnya sering dihadapi, selain dampak getaran saat melakukan pemancangan tiang. Untuk bangunan di darat, biasanya tiang bor merupakan pilihan tiang dengan biaya termurah. Untuk daerah perkotaan, penggunaan tipe tiang bor sangat cocok karena dapat mengurangi pergerakan tanah, kebisingan dan getaran. Tiang baja dan beton yang dimasukkan dengan jalan ditekan biasanya hanya untuk pekerjaan penopangan. Menurut MJ. Tomlinson, tiang pancang baja atau tiang pancang beton lebih mahal dibandingkan dengan menggunakan tiang bor. Sedangkan tiang kayu biasanya digunakan untuk menopang upper structure yang ringan.

Untuk bangunan di laut, tipe tiang yang digunakan biasanya adalah tiang perpindahan (*displacement piles*), sedangkan untuk perairan dangkal dapat digunakan tiang pratekan/tiang pracetak, sedangkan untuk konstruksi tidak tetap digunakan tiang dari kayu.

Untuk perairan dalam, penggunaan tiang beton akan susah karena berat pada waktu pemancangan, biasanya dipakai profil baja H atau pipa. Tetapi lebih sering digunakan profil baja pipa, karena tiang ini akan dapat menerima gaya friction yang lebih kecil akibat gelombang maupun arus. Tiang pipa yang diameternya besar pada umumnya digunakan untuk masalah pemecahan gelombang ataupun gaya tumbukan pada kapal pada waktu akan merapat atau pada waktu akan bersandar.

Pada bangunan dilaut dan disungai biasanya tidak digunakan tiang bor kecuali kalau merupakan bagian dari

composite konstruksi, misalnya untuk memperpanjang dalamnya pemancangan dari profil baja pipa yang dipancang lewat air tanah lunak sampai pada lapisan tanah yang keras.

2. Faktor Keadaan Tanah

- Tiang pancang dan tiang cor ditempat tidak dapat digunakan pada keadaan tanah terdiri dari batu (*boulder*).
- Penggunaan tiang baja pipa dengan dinding tipis atau profil H lebih cocok untuk tanah berbutir kasar atau tanah yang terdiri dari lapisan bongkahan batu.
- Bored pile biasanya digunakan untuk tanah liat yang keras, tiang dengan dasar membesar hanya bisa diletakkan pada tanah liat keras.

3. Faktor Ketahanan Tiang

a. Tiang dari kayu

Pada tiang dari kayu pembusukan perlu diperhatikan, terutama pada tiang yang terletak diatas muka air tanah. Apabila dipakai pada konstruksi air, tiang dapat dirusak organisme yang hidup di air.

b. Tiang pancang beton

Tiang pancang jenis ini tidak terserang karat (korosi) dan dapat tahan terhadap konsentrasi tinggi sulfat yang ada ditanah.

c. Tiang dari baja

Pada tanah biasa dapat memberikan pelayanan waktu yang lama, tetapi yang berhubungan dengan air laut akan terjadi karat (korosi) maka perlu dilindungi dengan sistem cathodic protection.

3.2. Pemilihan Type Alat Pancang (*Driving Equipment*)

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan penumbuk adalah kemungkinan terlaksananya pemancangan dan manfaatnya secara ekonomis. Karena dewasa ini

masalah-masalah lingkungan seperti suara bising atau getaran tidak diabaikan maka pekerjaan pemancangan perlu digabungkan dengan teknik-teknik lainnya.

Pemilihan ukuran dan mutu tiang didasarkan pada kegunaannya dalam perencanaan, akan tetapi setidaknya-tidaknya tiang tersebut harus dapat dipancarkan sampai ke dalam tanah pendukung. Jika tanah cukup keras dan tiang tersebut cukup panjang, maka harus dipancarkan dengan menggunakan penumbuk (*hammer*) yang cukup kuat terhadap kerusakan akibat gaya tumbukan dari *hammer* tersebut. Kerusakan pada tiang beton sering diakibatkan oleh tegangan tarik atau tegangan geser. Untuk menghindari kerusakan tersebut maka ujung tiang tersebut dapat dibentuk sedemikian rupa sehingga mampu memperbesar ketahanan tiang.

Dalamnya pemancangan pada saat pemancangan tiang dapat dihentikan menurut prinsip adalah 2 atau 3 kali panjang diameter tiang diukur dari batas lapisan tanah pendukung, atau sekitar 2 atau 3 meter. Karena tebal lapisan pendukung berbeda-beda disetiap tempat, maka pemancangan yang diakibatkan oleh gaya tumbuk sampai kedalaman yang disyaratkan atau yang direncanakan seperti diatas. harus dihindari karena hal tersebut sulit dilaksanakan. Sebagai contoh tiang beton pratekan sulit dipancang sampai lebih dari 2 meter pada lapisan lempung yang mempunyai harga tespenetrasi Standard (N) antara 10 sampai 15, atau lapisan berpasir yang mempunyai harga N lebih dari 30. Bila lapisan pendukung tidak terlalu tebal, maka pemancangan tiang dapat dihentikan pada kedalaman sekitar setengah dari tebal lapisan tanah pendukung tersebut. Jika pemancangan dilanjutkan maka penurunan akan lebih kecil daripada sebelum pemancangan dihentikan.

Dalam memilih type alat pancang yang akan digunakan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Jenis tiang pancang yang akan digunakan
- b. Kondisi tanah setempat
- c. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pemancangan.

Dalam pemancangan tiang, peralatan-peralatan yang diperlukan adalah:

1. Rangka tiang, terdiri dari :
 - a. *Leader* yaitu sepasang elemen baja yang membentang seluruh ketinggian rangka dan merupakan jalan untuk Bergeraknya pemukul (*hammer*) ke atas dan ke bawah. *Leader* ada tiga macam, yaitu *Leader* tetap (*Fixed Leader*), *leader* gantung (*Hanging Leader*), dan *leader* yang dapat berputar dalam bidang vertical (*Swinging Leader*).
 - b. Kerangka struktural (*structural framework*), yaitu yang mendukung *leader*.
 - c. Rangka dasar (*base frame*) yang mana dipikul oleh roler-roler baja.
2. *Sling (guy)* dan *Lir* untuk menahan rangka dengan tepat ditempat
3. Sengkang (*bracket*) yang berfungsi untuk menahan tiang pada rangka.
4. Topi baja, yang berfungsi untuk meneruskan tumbukan pada tiang.
5. Penumbuk (*hammer*), bagian ini biasanya terbuat dari baja masif/pejal yang berfungsi sebagai palu untuk memukul tiang pancang agar masuk kedalam tanah. Penumbuk tiang (*hammer*) ini dapat berupa :
 - Blok pancang (*drop hammer*)
Yaitu berupa palu yang diangkat dengan tali kawat/kabel dan kerekan sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian jatuh bebas menimpa kepala tiang pancang. Kehilangan energi biasanya berkisar antara 10% sampai 30% dari energi yang dihitung. Alat pancang ini kerjanya sangat lambat jika dibandingkan dengan alat pancang yang lain dan

jarang dipergunakan dalam pembangunan konstruksi berat dan modern

- Palu kerja tunggal (*single action hammer*)

Yaitu penumbuk (hammer) diangkat keatas dengan tenaga uap sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian jatuh bebas karena gravitasi. Jadi tenaga uap hanya dipergunakan untuk mengangkat hammer saja. Alat ini kerjanya lebih cepat dari drop hammer. Pada umumnya perbandingan dari berat balok besi panjang terhadap berat tiang pancang termasuk perlengkapan harus berada pada orde di antara 0.5 dan 1.0.

- Palu kerja rangkap (*double action hammer*).

Palu ini juga bertenaga uap dan pada dasarnya sama dengan penumbuk yang dijatuhkan. Penumbuk diangkat keatas dengan tenaga uap sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian penumbuk tersebut ditekan kebawah dengan tenaga uap. Jadi disini penumbuk jatuh dengan kecepatan yang lebih besar dari pada drop hammer dan single action hammer. Panjang palu boleh beberapa kaki lebih pendek untuk palu kerja rangkap daripada untuk palu kerja tunggal dengan panjang jangkauan nilai berada pada orde sebesar 2 sampai 4.5 m. Perbandingan berat balok besi panjang terhadap berat tiang pancang harus berada pada orde 0.50 sampai 1.

- Palu diesel (*diesel hammer*)

Penumbuk ini terdiri dari silinder, blok pancang, blok landasan dan sistem dengan injeksi bahan bakar. Untuk memulai siklus ini diperlukan sebuah kabel untuk menaikkan blok pancang dan pelepasan tali untuk menjatuhkan blok pancang tersebut. Bahan bakar yang diinjeksikan dibakar dan blok pancang naik lagi untuk

mengulangi siklus tersebut. Palu diesel mempunyai pemakaian bahan bakar rendah, lebih ringan dari pada palu uap, dan beroperasi secara efisien di dalam temperatur serendah 0°C. Perbandingan berat balok besi panjang terhadap berat tiang pancang haruslah pada orde diantara 0.25 dan 1.0.

6. *Power winch*, berfungsi untuk mengangkat penumbuk. *Power winch* dapat diberi tenaga uap, mesin diesel, atau bensin, atau motor listrik. Hal ini disesuaikan dengan langkah yang pendek menghasilkan pemancangan yang efisien. Letak penempatan Lir (*winch*) yang baik adalah didasarrangka tiang.

Selain dengan tumbukan, pemancangan dapat pula dilakukan dengan getaran. Prinsip alat pancang getar adalah dua pemberat eksentris rotasi lawan, dengan frekuensi sampai kira-kira 30 Hz. Alat pancang tersebut menyediakan dua impuls vertikal sebesar 700 KN lebih pada amplitudo 6 sampai 50 mm setiap putaran, satu keatas dan satu kebawah. Impuls yang kebawah bekerja dengan berat tiang pancang untuk menambah gaya gravitasi yang nyata.

Hasil paling baik yang didapat dengan menggunakan pemancang getar adalah untuk tanah berkohesi. Hasil yang agak baik dalam tanah berlumpur serta yang mengandung lempung.

Keuntungan utama alat pancang getar adalah:

- Getaran dorong tereduksi, getaran tidak dilenyapkan tapi lebih kecil dari getaran yang ditimbulkan oleh alat pemancang dengan penumbuk.
- Kebisingan yang ditimbulkan dapat dikurangi.
- Kecepatan penembus yang besar, dimana kecepatan penetrasi sebesar 50 mm/detik dimungkinkan.

Kapasitas tiang pancang yang menggunakan alat pancang getar dapat

diperkirakan dengan memakai persamaan empiris Bodine Resonant Driver (BRD), yang dirumuskan oleh Davidson. Adapun persamaan BRD adalah sebagai berikut:

$$Q_u = \frac{A(hp) + Brp}{\Omega r p S I}$$

Dimana :

- Q_u = Daya dukung tiang (lb atau KN)
- A = 550 kaki. lb/detik (Fps); 0,746 kj/detik (SI)
- B = Berat palu, 22000 ib (Fps); 98 KN (SI) untuk palu Bodine.
- R_p = Kecepatan akhir penetrasi (ft/sec atau m/sec)
- Ω = Frekwensi (Hz)
- hp = Daya dukung yang diberikan pada tiang pancang.
- SI = Faktor kehilangan (ft/siklus atau m/siklus). Harga Si tergantung pada jenis tiang dan kondisi tanah.

Tabel 3.1 Harga Faktor Kehilangan (SI)

Tanah pada ujung runcing	Pipa Ujung Tertutup m/Siklus x 10 ³ (kaki/siklus)	Tiang Baja profil H
Lumpur longgar, pasir atau kerikil	0.244 (0.0008)	- 0.213 (- 0.0007)
Pasir mampat sedang atau pasir dan kerikil	0.762 (0.0025)	0.762 (0.0025)
Pasir mampat atau pasir dan kerikil	2.438 (0.008)	2.134(0.007)

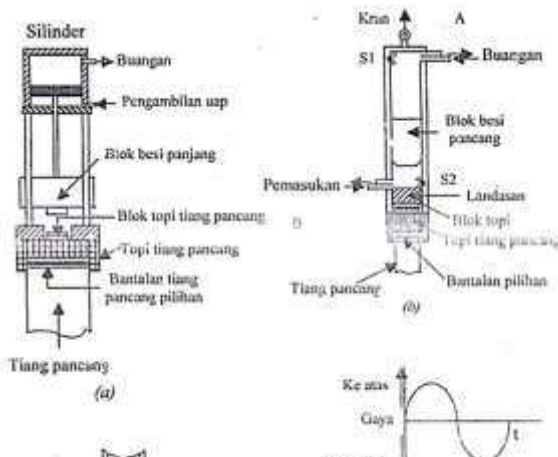
Untuk menentukan berat palu (*hammer*) dapat dipakai persamaan sebagai berikut :

$$B = 0,5 P + 600 \text{ kg}$$

Dimana

- B = Berat palu penumbuk/liammer (kg)
- P = Berat tiang pancang (kg).

Gambar 3.1 Skema beberapa palu tiang pancang, (a) palu kerja tunggal; (b) palu kerja rangkap; (c) palu diesel; (d) palu bergetar



Tabel 3.2. Jenis dan Karakteristik Berbagai-bagai Penumbuk

	Penumbuk yang dijatuhkan	Penumbuk bertena uap (udara)	Penumbuk bertena diesel	Penumbuk getar
KEUNTUNGAN	Peralatan sederhana, tinggi jatuh dapat di periksa dengan mudah, kesulitan kecil dan juga biaya operasi rendah	Kemampuan baik, miring ataupun didalam air, kepala tiang tidak cepat rusak, beberapa mesin dapat dipakai menarik	Mudah dipindahkan, menghasilkan daya tumbuk yang besar, kemampuan baik, biaya bahan bakar rendah	Mampu memancang dalam arah dan kedudukan yang tepat, suara penumbukan hampir tak terdengar, kepala tiang tidak cepat rusak, mampu memancang dan menarik
KERUGIAN	Kepala tiang mudah rusak, panjang pemancangan terbatas, sering terjadi eksentris, pemancangan lambat, banyak bahayanya pada pemancangan tidak langsung	Diperlukan kompresor berukuran besar, tinggi jatuh tak dapat dikendalikan, penumbukan men i m bulkan suara gaduh dan kompresor menimbulkan bunga api, asap dan suara berisik	Pada lapisan lunak pengerjaan menjadi lambat, penumbukan menimbulkan suara gaduh dan terjadi percikan-percikan minyak pelumas	Memerlukan tenaga listrik yang besar dan kurang mampu mengubah sifat-sifat tanah
PENYESUAIAN	Tidak terpengaruh oleh tanah, bila pemampang cukup kecil, bila diperlukan penyesuaian pemancangan	Dapat dipergunakan untuk semua jenis tanah, pengaturan jatuhnya penumbuk dapat dilaksanakan tanpa pengawas	Dapat digunakan untuk semua jenis tanah tapi Lebih cocok untuk tanah yang keras.	Cocok bagi tanah yang lunak, dapat digunakan untuk menarik

Prosedur pemancangan tiang pancang :

1. Letakkan tiang pada pembimbingnya dengan tepat, dengan demikian arah tumbuk searah dengan sumbu tiang dan puncak tiang berada tegak lurus pada sumbu memanjang tiang.
2. Gunakan packing yang sesuai untuk topi tiang dan memeriksa packing tersebut sebelum pemancangan tiap tiang. Tebal packing minimum yang dianjurkan adalah 75 mm.

3. Menggunakan topi yang dipasang longgar akan mengakibatkan sedikit perputaran pada tiang.
4. Memakai tiang-tiang yang lurus dan belum rusak atau retak.
5. Mengecek posisi tiang, baik kemiringannya maupun arah vertikalnya secara tetap.
6. Bila ada tanda-tanda tiang akan retak, sebaiknya pemancangan dihentikan dan melaporkan kepada perencana. Pengetesan terhadap keretakan tersebut secara praktis dilakukan dengan cara menyiramkan seember air keatas retak tadi, sambil diamati saat tiang ditumbuk. Jika air terdorong keluar diikuti oleh adukan beton dari letaknya maka ini menunjukkan bahwa retak tersebut cukup serius dan pemancangan sebaiknya dihentikan.
7. Jika mungkin, hindari memancang tiang permanen dalam air dari tempat mengambang seperti bagan, karena gerakan dari tempat yang mengambang akibat turun naiknya palu pancang dapat menyebabkan tiang terpancang diluar garis. Andaikan harus digunakan tempat pengoperasian terapung maka digunakan palu uap atau palu diesel.

Untuk mengamati tiang yang sedang dipancang tersebut tetap pada posisinya atau tidak, maka dapat dilakukan dengan cara pengamatan lewat dua buah bandul ukur dan dengan cara pengamatan dengan dua buah theodolit yang ditempatkan saling tegak lurus. Cara pertama adalah cara pengamatan yang sederhana dimana dua buah bandul ukur digantung di dekatnya. Cara ini tetap memastikan bahwa tiang tetap vertical, namun cara ini tidak mengecek perpindahan lateral. Sedangkan cara kedua lebih akurat dimana dapat memberikan petunjuk bila tiang bergerak dari arah vertikal, atau jika tiang menyimpang secara lateral. Jika penyimpangan terjadi pada tahap-tahap awal maka lebih aman untuk menarik tiang dan menempatkannya kembali pada posisi yang telah direncanakan.

3.3 Metode Analisa Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang

Kapasitas daya dukung pondasi tiang dapat dihitung dengan menggunakan Rumus Empiris. Rumus Empiris ini didasarkan pada parameter tanah hasil laboratorium atau lapangan yang berkaitan dengan kuat geser tanah.

Berdasarkan kapasitas daya dukung dibedakan oleh daya dukung ujung dan daya dukung geser serta apabila daya dukung keduanya dimobilisasikan akan didapat:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana:

- Q_u : Kapasitas daya dukung tiang pancang maksimum
 Q_p : Kapasitas Titik Tiang Pancang Statik Akhir
 Q_s : Kapasitas Tahanan Kulit

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan Rumus Empiris ini terbagi menjadi dua perhitungan, yaitu :

1. Kapasitas Titik Tiang Pancang Statik Akhir (*Ultimate Static Pile Point Capacity*) Kapasitas titik tiang pancang statik akhir dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = A_p(c.N'c + \eta.\bar{q}.N'q)$$

Dengan memperhitungkan berat pondasi tiangnya, kapasitas daya dukung ujung menjadi:

$$Q_p = A_p \{c.N'c + \eta.\bar{q}.(N'q - 1)\}$$

Dimana :

- Q_p = Kapasitas daya dukung tiang ujung
 A_p = Luas penampang tiang pancang
 c = Kohesi dari tanah pada ujung tiang pancang
 η = 1 untuk semua tiang pancang

q = Tegangan vertikal efektif pada tiap tiang pancang
 N'c dan N'q adalah Faktor kapasitas dukung yang telah disesuaikan

2. Kapasitas Tahanan Kulit (*Skin Resistance Capacity*)

Kapasitas tahanan kulit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

Dimana:

A_s = Luas permukaan efektif dimana f_s bekerja
 f_s = Tahanan kulit

Adapun f_s dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Metode Alfa (α)

$$f_s = ac + K\bar{q} \tan \delta$$

Dimana:

α = Faktor adhesi yang merupakan fungsi dari kohesi atau hasil *undrained shearing strength*
 K = Koefisien tekanan tanah lateral yang mempunyai nilai jangkauan mulai dari Ko sampai kira-kira 1,75. direncanakan diambil yang mendekati Ko
 δ = Sudut gesekan efektif diantara tanah dan bahan tiang.

Harga Ko untuk tiang pancang dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_o = (1,2 - \sin \phi) \sqrt{OCR}$$

Dimana :

Ko = *coefficient at rest condition* (Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam)

OCR = *Over Consolidation Ratio* (untuk memudahkan perhitungan ambil OCR= 1)

φ = Sudut geser dalam, biasanya diambil tegangan efektifnya.

b. Metode Lamda (λ)

$$f_s = \lambda(\bar{q} + c)A_s$$

Dimana :

λ = Koefisien tanpa dimensi

IV. PEMBAHASAN MASALAH

4.1. Perhitungan Daya Dukung Pondasi

4.1.1. Tiang Pancang Kayu

a. Berdasarkan data tanah

Dari Lampiran 1, 2 dan 3 didapat data-data sebagai berikut :

- Nilai konus = 150 kg/cm
- Hambatan pelekat = 494 kg/cm
- Panjang tiang = 20 meter
- Sudut geser = 29°
- γt = 1,449 gr/cm³
= 1449 kg/m³
- Tegangan geser (c) = 0,66 kg/cm'
= 6600 kg/m'

Direncanakan tiang bentuk lingkaran dengan diameter penampang 350 mm.

Luas titik :

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,35)^2 = 0,0962 \text{ m}^2$$

Luas poros :

$$A_s = \pi D (L_t) = 3,14 \cdot (0,35) \cdot (20) = 10,14 \text{ m}^2$$

Nilai koefisien tekanan tanah lateral dapat diambil dari tabel berikut ini :

Tabel 4.1. Koefisiensi tekanan tanah lateral

Jenis Tiang	K
Tiang pancang H	1,40-1,90
Tiang pancang pipa	1,20- 1,30
Tiang pancang beton	1,45-1,60
Tiang pancang kayu (1 pengujian)	1,25
Pengujian tegangan	0,40 - 0,90

Kapasitas tahanan kulit (f_s) dengan menggunakan persamaan Alfa.

Tabel 4.2. Nilai-nilai Faktor Adesi Untuk Tiang Pancang

Kasus	Kondisi Tanah	Factor	
		Perbandingan Penetrasi	Adesi, α
1	Pasir atau kerikil berpasir yang terletak diatas tanah kohesif dari yang kaku sampai sangat kaku	<20	1,25
		> 20	Gambar 2.3 a
2	Lempung lembek atau lumpur yang terletak diatas tanah kohesif dari yang kaku sampai sangat kaku	$8 < PR \leq 20$	0,4C
		> 20	Gambar 2.3 a
3	Tanah kohesif mulai dari yang kaku sampai yang sangat kaku tan Qu lapisan yang terletak di atasnya	$8 < PR \leq 20$	0,40
		> 2.0	Gambar 2.3 a

Dari tabel di atas, untuk data yang diketahui didapat nilai α yaitu :

- Pada kedalaman (L_1) 0.50 - 1.50 meter didapat nilai $\alpha_i = 0,40$
 $\bar{q} = 1449 = 14490 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \alpha c + K\bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,25 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 2640 + 5193,7 = 7833,7 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 10,14 \times 7833,7 \\
 &= 79433,72 \text{ kg} = 79,43372 \text{ ton} \\
 &\approx 79,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_2) 1.50 - 1 1.45 meter didapat $\alpha_2 = 0,40$

$$\begin{aligned}
 \bar{q} &= 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2 \\
 f_s &= \alpha c + K\bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,25 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 2640 + 5193,7 = 7833,7 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{si} &= A_s \cdot f_s \\
 &= 10,14 \times 6205 = 79433,72 \text{ kg} \\
 &= 79,43372 \text{ ton} \approx 79,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_3) 1 1.45 - 18.25 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\begin{aligned}
 \bar{q} &= 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2 \\
 f_s &= \alpha c + K\bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,25 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 2640 + 5193,7 = 7833,7 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$Q_{si} = A_s \cdot f_s$$

$$\begin{aligned}
 &= 10,14 \times 6205 = 79433,72 \text{ kg} \\
 &= 79,43372 \text{ ton} \approx 79,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_4) 18.25 - 18.40 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\begin{aligned}
 \bar{q} &= 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2 \\
 f_s &= \alpha c + K\bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,25 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 2640 + 5193,7 \\
 &= 7833,7 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 10,14 \times 6205 \\
 &= 79433,72 \text{ kg} \\
 &= 79,43372 \text{ ton} \approx 79,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } Q_s &= \sum Q_{si} \\
 &= 79,4 + 79,4 + 79,4 + 79,4 \\
 &= 317,6 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 2.4, dengan sudut geser (ϕ) = 29°, $R_1 = L/B = 52,6$ dan

$$\begin{aligned}
 R_2 &= \frac{L_c}{B} = 18,42 \text{ maka didapat nilai} \\
 N'_c &= 80, N'_q = 50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \{c \cdot N'_c \eta \cdot \bar{q} \cdot (N'_q - 1)\} \\
 &= 0,0692 \{6600 \cdot 80 + 1 \cdot 14490 \cdot (50-1)\} \\
 &= 0,0692 \{528000 + 710010\} \\
 &= 85670,292 \text{ kg} \\
 &= 85,670292 \text{ ton} \approx 85,67 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi total kapasitas tiang pancang maksimum

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 Q_u &= 85,67 + 31,76 \\
 &= 403,3 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data-data tanah di atas didapat kapasitas daya dukung

maksimum tiang pancang kayu sebesar 403,3 ton.

b. Berdasarkan kekuatan bahan tiang

$$Q_u = A_p \cdot f_a$$

Dimana

A_p : Luas penampang tiang pancang

f_a : Nilai tegangan perencanaan yang diperbolehkan

$$\begin{aligned} \text{jadi } Q_u &= A_p \cdot f_a \\ &= 692 \times 80 \\ &= 55360 \text{ kg} \\ &= 55,36 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.1.2. Tiang Pancang Beton

A. Penumpang Segi Empat

1. Perhitungan Daya Dukung Tiang Data-Data Perencanaan Tiang Pancang :

- Dimensi tiang pancang : 350 x 350 mm
- Luas penampang tiang : 1225 cm²
- Keliling tiang : 140 cm
- Mutu beton (f_c) : K₂₅₀
- Panjang tiang : 20 meter

a. Berdasarkan data sondir

Dari Lampiran 1, 2 dan 3 didapat data-data perencanaan sebagai berikut:

- Nilai konus : 150 kg/cm²
- Hambatan pekat : 494 kg/cm
- Sudut geser : 29°
- γ_t : 1,449 gr/cm³
: 1449 kg/m³
- Tegangan geser (c) : 0,66 kg/cm
: 6600 kg/m²
- Luas titik
 $A_p = 0,35 \times 0,35$
 $= 0,1225 \text{ m}^2$
- Luas poros
 $A_s = 4h (L_h)$
 $= (4 \times 0,35) (20)$
 $= 28 \text{ m}^2$

Perhitungan kapasitas tahanan kulit (f_s) dengan menggunakan persamaan

Alfa. Dari Tabel 4.2 di atas, untuk data yang diketahui didapat nilai α yaitu :

- Pada kedalaman (L_1) 0.50 - 1.50 meter didapat nilai $\alpha_1 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} f_s &= \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ &= (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 17^\circ) \\ &= 2640 + 7088,1 \\ &= 9728,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{si} &= A_s \cdot f_s \\ &= 28 \times 9728,1 = 272386,8 \text{ kg} \\ &= 272,3868 \text{ ton} \approx 272,4 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_2) 1.50 - 11.45 meter didapat $\alpha_2 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} f_s &= \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ &= (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 22^\circ) \\ &= 2640 + 9367 \\ &= 12007 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{si} &= A_s \cdot f_s \\ &= 28 \times 12007 = 336196 \text{ kg} \\ &= 336,196 \text{ ton} \approx 336,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_3) 11.45 - 18.25 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} f_s &= \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ &= (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 22^\circ) \\ &= 2640 + 9367 \\ &= 12007 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{si} &= A_s \cdot f_s \\ &= 28 \times 12007 = 336196 \text{ kg} \\ &= 336,196 \text{ ton} \approx 336,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_4) 18.25 - 18.40 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = \alpha c + K \bar{q} \tan \delta$$

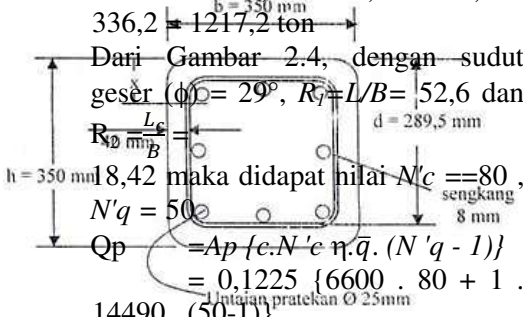
$$\begin{aligned}
 &= (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 17^\circ) \\
 &= 2640 + 7088,1 \\
 &= 9728,1 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{si} &= A_s \cdot F_s \\
 &= 28 \times 9728,1 \\
 &= 272386,8 \text{ kg} \\
 &= 272,3868 \text{ ton} \approx 272,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi $Q_s = \sum Q_{si}$

$$\begin{aligned}
 &= 272,4 + 272,4 + 336,2 + 336,2 = 1217,2 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 2.4, dengan sudut geser (ϕ) = 29° , $R_f = L/B = 52,6$ dan $R_{\frac{L_c}{m \cdot B}} = 18,42$ maka didapat nilai $N'c = 80$, $N'q = 50$



$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \{ f_c \cdot N'c + \eta \cdot q \cdot (N'q - 1) \} \\
 &= 0,1225 \{ 6600 \cdot 80 + 1 \cdot 14490 \cdot (50 - 1) \} \\
 &= 0,1225 \{ 528000 + 710010 \} \\
 &= 151656,225 \text{ kg} \\
 &= 151,656225 \text{ ton} \approx 151,66 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi total kapasitas tiang pancang maksimum

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 Q_u &= 151,66 + 1217,2 \\
 &= 1368,86 \text{ ton} \approx 1369 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data-data tanah di atas didapat kapasitas daya dukung maksimum tiang pancang beton penampang segi empat sebesar 1369 ton.

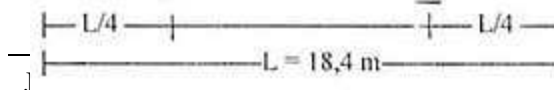
b. Berdasarkan kekuatan bahan

$$Q_u = A_p (0,33f'_c - 0,27f_{pe})$$

Dimana

A_p = luas penampang beton seluruhnya

f_{pe} = prategang efektif setelah kehilangan (biasanya 5 Mpa)



Jadi :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= A_p (0,33f'_c - 0,27f_{pe}) \\
 &= 1225 (0,33 \times 250 - 0,27 \times 50) = 84525 \text{ kg} \\
 &= 84,525 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Penulangan

Gambar 4.1 Bentuk penampang segi empat

Direncanakan tiang pancang beton dengan data-data sebagai berikut:

- Panjang tiang (L) : 18,4 m
- Dimensi tiang : 350 x 350 mm
- Tebal selimut beton : 40 mm
- Diameter tulangan rencana : 25 mm
- Diameter ikatan : 8 mm
- Mutu beton (f_c) : 25 MQu = 250 kg/cm² = $2,5 \times 10^6$ kg/m²
- Mutu Baja (f_y) : 30×10^6 kg/m²
- Modulus Elastisitas beton (E_c) : 2400 kg/m³

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot (35) \cdot (35)^3 = 125052,1 \text{ cm}^4$$

$$q = 0,35 \times 0,35 \times 1 \times 2400 = 294 \text{ kg/m}$$

Faktor keamanan untuk beban mati adalah 1,2, maka $q = 1,2 \times 294 = 352,8$ kg/m. Direncanakan titik pengangkatan pada dua titik pada L/4 dari setiap ujung.

$$M_{maks\ rencana} = \frac{q l^2}{32} = \frac{352,8 \times 18,4^2}{32} = 3732,624 \text{ kg.m}$$

$$e = \frac{1}{2}h = \frac{1}{2} \cdot 350 = 175 \text{ mm} = 17,5 \text{ cm}$$

$$e = 175 - (40 + 8 + 12,5) = 114,5 \text{ mm} = 11,45 \text{ cm}$$

$$d = 350 - 40 - 8 - 12,5 = 289,5 \text{ mm}$$

Tegangan pada penampang :

$$f_{sa} = \frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e \cdot Y}{I} + \frac{M \cdot Y}{I}$$

$$f_{sa} = \frac{3000}{4,91} \pm \frac{3000 \cdot 11,45 \cdot 17,5}{373262,4} + \frac{125052,1 \cdot 17,5}{125052,1}$$

$$= 611 - 4,1 + 52,24 = 659,14 \text{ kg/m}^2$$

$$f_{sb} = \frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e \cdot Y}{I} + \frac{M \cdot Y}{I}$$

$$f_{sa} = \frac{3000}{4,91} + \frac{3000 \cdot 11,45 \cdot 17,5}{373262,4} - \frac{125052,1 \cdot 17,5}{125052,1}$$

$$= 611 + 4,1 - 52,24 = 562,86 \text{ kg/m}^2$$

$$f_t = 659,14 + 562,86 = 1222 \text{ kg/m}^2 < \bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/m}^2$$

(oke)

$$M_n = \frac{Mu}{0,8} = \frac{4410}{0,8} = 5512,5 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5512,5}{0,35 \times (0,2895)^2} = 187.924,5 \text{ kg/m}^2$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f'_c} = \frac{30 \times 10^6}{0,85 \times (2,25 \times 10^6)} = 15,86$$

$$f = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - 2R_n \frac{m}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,86} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 187924,5 \frac{15,86}{30 \times 10^6}} \right)$$

$$= 0,00661$$

$$A_s = f \cdot b \cdot d = 0,00661 \times 350 \times 289,5$$

$$= 669,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} : 350 - 2(40 + 8 + 25) = 229 \text{ mm}$$

Volume ikatan 8 mm pada kepala tiang pancang = 0,6 % dari volume 1 meter tiang pancang. Jadi volume ikatan 8 mm = $0,6 \times (350)^2 \times \frac{1000}{100} = 735 \times 10^4 \text{ mm}^3$.

Volume 1 ikatan 8 mm = 52.652 mm^3 . Maka jumlah ikatan 8 mm per 1 meter pada kepala tiang adalah $\frac{735000}{52652} = 14$ ikatan. Jarak ikatan 8 mm adalah $\frac{1000}{14} = 71 \text{ mm}$

B. Bentuk Penampang Segi Delapan

1. Perhitungan Daya Dukung tiang

a. Berdasarkan data tanah

Dari Lampiran 1, 2 dan 3, diketahui data perencanaan sebagai berikut:

- Nilai konus : 150 kg/cm^2
- Hambatan pelekat : 494 kg/cm
- Panjang tiang : $18,4 \text{ meter}$
- Sudut geser : 29°
- γ_t : $1,449 \text{ gr/cm}^3 = 1449 \text{ kg/m}^3$
- Tegangan geser (c) : $0,66 \text{ kg/cm}^2 = 6600 \text{ kg/m}^2$

Dari data tanah yang ada dapat dihitung daya dukung ultimit pondasi dengan menggunakan persamaan :

Luas titik

$$A_p = \text{luas segi empat} - 4 \times \text{luas segi tiga} \\ = (0,35 \times 0,35) - 4 \cdot \frac{1}{2}(0,05124)^2 \\ = 0,11725 \text{ m}^2$$

Luas poros

$$A_s = K_{II} (L_h) - (0,24752 \times 8) (20) \\ = 39,6 \text{ m}^2$$

Perhitungan kapasitas tahanan kulit (f_s) dengan menggunakan persamaan Alfa.

Dari Tabel 4.2 di atas, untuk data yang diketahui didapat nilai α yaitu :

- Pada kedalaman (L_1) 0.50 - 1.50 meter didapat nilai $\alpha_1 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ = (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 17^\circ) \\ = 2640 + 7088,1 \\ = 9728,1 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{s1} = A_s \cdot F_s \\ = 39,6 \times 9728,1 = 385232,76 \text{ kg} \\ = 385,23276 \text{ ton} \approx 385,2 \text{ ton}$$

- Pada kedalaman (L_2) 1,50 - 11,45 meter didapat $\alpha_2 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ = (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 22^\circ) \\ = 2640 + 9367 \\ = 12007 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{s2} = A_s \cdot F_s \\ = 39,6 \times 12007 \\ = 475477,2 \text{ kg} \\ = 475,4772 \text{ ton} \approx 475,5 \text{ ton}$$

- Pada kedalaman (L_3) 11,45 - 18.250 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ = (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 22^\circ) \\ = 2640 + 9367 \\ = 12007 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{s3} = A_s \cdot F_s \\ = 39,6 \times 12007 = 475477,2 \text{ kg} \\ = 475,4772 \text{ ton} \approx 475,5 \text{ ton}$$

- Pada kedalaman (L_4) 18.25 - 18.40 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\ = (0,40 \times 6600) + (1,6 \times 14490 \times \tan 17^\circ) \\ = 2640 + 7088,1 \\ = 9728,1 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{s4} = A_s \cdot F_s \\ = 39,6 \times 9728,1 \\ = 385232,76 \text{ kg} \\ = 385,23276 \text{ ton} \approx 385,2 \text{ ton}$$

$$\text{Jadi } Q_s = \sum Q_{s_i} \\ = 385,2 + 475,5 + 475,5 + 385,2 \\ = 1721,4 \text{ ton}$$

Dari Gambar 2.4, dengan sudut geser (ϕ) = 29°, $R_1 = L/B = 52,6$ dan

$$R_2 = \frac{L_c}{B} = 18,42 \text{ maka didapat nilai}$$

$$N'_c = 80, N'_q = 50$$

$$Q_p = A_p \{c \cdot N'_c \eta_c \cdot \bar{q} \cdot (N'_q - 1)\} \\ = 0,11725 \{6600 \cdot 80 + 1 \cdot 14490 \cdot (50 - 1)\} \\ = 0,11725 \{528000 + 710010\} \\ = 145156,67 \text{ kg} \\ = 145,15667 \text{ ton} \approx 145,16 \text{ ton}$$

Jadi total kapasitas tiang pancang maksimum

$$Q_u = Q_p + Q_s \\ = 145,16 + 1721,4 \\ = 1866,56 \text{ ton} \approx 1867 \text{ ton}$$

Berdasarkan data-data tanah di atas didapat kapasitas daya dukung maksimum tiang pancang beton penampang segidelapan sebesar 1867 ton.

b. Berdasarkan Kekuatan Bahan

$$Q_u = A_p (0,33 f'_c - 0,27 f_{pe})$$

Dimana

A_p = luas penampang beton seluruhnya
 f_{pe} = prategang efektif setelah kehilangan (biasanya 5 Mpa)

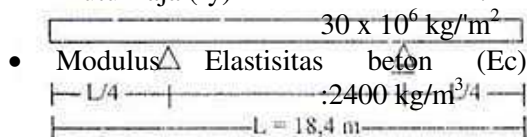
Jadi :

$$\begin{aligned} Q_u &= A_p (0,33 f'_c - 0,27 f_{pe}) \\ &= 1172,5 (0,33 \times 250 - 0,27 \times 50) \\ &= 80902,5 \text{ kg} = 80,9 \text{ ton} \end{aligned}$$

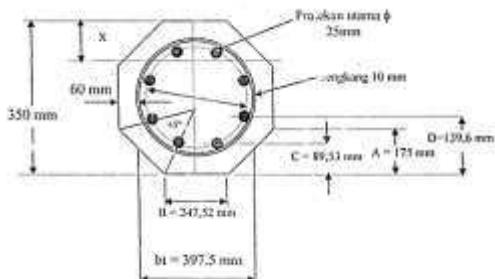
2. Perhitungan Penulangan

Direncanakan tiang pancang beton dengan data-data sebagai berikut:

- Panjang tiang (L) : 18,4 m
- Dimensi tiang : 150 x 350 mm
- Tebal selimut beton : 40 mm
- Diameter tulangan rencana : 25 mm
- Diameter ikatan : 8 mm
- Mutu beton (f c) : 25 MQu
 $= 250 \text{ kg/cm}^2$
 $= 2,5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$
- Mutu Baja (fy) :



Gambar 4.5 Bentuk penampang segi delapan



$$A = B \cos 45^\circ, \text{ dan } 2B \cos 45^\circ = 350 \leftrightarrow B = 247,52 \text{ mm.}$$

$$\text{Maka } A = 247,52 \cos 45^\circ = 175 \text{ mm.}$$

$$l_1 = 350 - (120 + 20 + 25) = 185 \text{ mm, dan } \frac{1}{2} l_1 = 92,5 \text{ mm.}$$

$$C = 175 - 92,5 \cos 22,5^\circ = 89,53 \text{ mm.s}$$

$$D = 175 - 92,5 \cos 67,5^\circ = 139,5725 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas oktagon} &= \text{luas segi empat} - 4 \times \text{luas segi tiga} \\ &= (35 \times 35) - 4 \times \frac{1}{2} (17,5)^2 = 612,5 \text{ cm}^2 \\ &= 0,06125 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban rencana } q &= 1,2 \times 0,06125 \times 2400 \\ &= 176,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Direncanakan titik pengangkatan pada L/4 dari kepala tiang.

$$M_{\text{maks rencana}} = \frac{q l^2}{18} = \frac{176,4 \times 18,4^2}{18} = 5 \text{ kg.m}$$

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot (35) \cdot (35)^3 = 125052,1 \text{ cm}^4$$

$$q = 0,35 \times 0,35 \times 1 \times 2400 = 294 \text{ kg/m}$$

Faktor keamanan untuk beban mati adalah 1,2, maka $q = 1,2 \times 294 = 352,8 \text{ kg/m}$. Direncanakan titik pengangkatan pada dua titik pada L/4 dari setiap ujung.

$$M_{\text{maks rencana}} = \frac{q l^2}{32} = \frac{352,8 \times 18,4^2}{32} = 3732,624 \text{ kg.m}$$

$$e = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} \cdot 350 = 175 \text{ mm} = 17,5 \text{ cm}$$

$$e = 175 - (40 + 8 + 12,5) = 114,5 \text{ mm} = 11,45 \text{ cm}$$

$$d = 350 - 40 - 8 - 12,5 = 289,5 \text{ mm}$$

Tegangan pada penampang :

$$f_{sa} = \frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e \cdot Y}{I} + \frac{M \cdot Y}{I}$$

$$f_{sa} = \frac{3000}{4,91} - \frac{3000 \cdot 11,45 \cdot 17,5}{125052,1 + \frac{373262,4 \cdot 17,5}{125052,1}}$$

$$= 611 - 4,1 + 52,24$$

$$= 659,14 \text{ kg/m}^2$$

$$f_{sa} = \frac{3000}{4,91} + \frac{3000 \cdot 11,45 \cdot 17,5}{125052,1 - \frac{373262,4 \cdot 17,5}{125052,1}}$$

$$= 611 + 4,1 - 52,24$$

$$= 562,86 \text{ kg/m}^2$$

$$f_t = 659,14 + 562,86$$

$$= 1222 \text{ kg/m}^2 < \bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/m}^2$$

(oke)

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{4410}{0,8} = 5512,5 \text{ kg.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{5512,5}{0,35 \times (0,2895)^2}$$

$$= 187.924,5 \text{ kg/m}^2$$

$$m = \frac{Fy}{0,85 f'c} = \frac{30 \times 10^6}{0,85 \times (2,25 \times 10^6)}$$

$$= 15,86$$

$$f = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - 2Rn \frac{m}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,86} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 187924,5 \frac{15,86}{30 \times 10^6}} \right)$$

$$= 0,00661$$

$$As = \int . b . d = 0,00661 \times 350 \times 289,5 = 669,76 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan : $350 - 2(40 + 8 + 25) = 229 \text{ mm}$.

Volume ikatan 8 mm pada kepala tiang pancang = 0,6 % dari volume 1 metertiang pancang. Jadi volume ikatan 8 mm = $0,6 \times (350)^2 \times \frac{1000}{100} = 735 \times 10^4 \text{ mm}^3$.

Volume 1 ikatan 8 mm = 52.652 mm^3 .

Maka jumlah ikatan 8 mm per 1 meter pada kepala tiang adalah $\frac{735000}{52652} = 14$

ikatan. Jarak ikatan 8 mm adalah $\frac{1000}{14} = 71 \text{ mm}$

4.1.3. Tiang Pancang Baja

A. Baja Profil H

Tiang pancang direncanakan menggunakan baja HP 14 x 73. Dari Tabel didapat data-data perencanaan tiang pancang sebagai berikut:

- Luas bagian tiang : 139 cm^2
- Kedalaman bagian : $345,7 \text{ mm}$
- Lebar flens : 371 mm
- Ketebalan ilens : $12,83 \text{ mm}$
- Panjang tiang : $18,4 \text{ meter}$
- Tegangan izin baja (f_s) : $140 \text{ Mqu} = 1400 \text{ kg/cm}^2$

a. Berdasarkan data tanah

Data perencanaan :

- Nilai konus : 150 kg/cm^2
- Hambatan pelekat : 494 kg/cm
- Panjang tiang : 20 meter
- Sudut geser : 29°
- γ_t : $1,449 \text{ gr/cm}^3 = 1449 \text{ kg/m}^3$
- Tegangan geser (c) : $0,66 \text{ kg/cm}^2 = 6600 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Luas titik } A_p = 139 \text{ cm}^2$$

Luas poros

$$A_s = 34,57 \times 37,1 \times 1840 = 2359648 \text{ cm}^2 = 236 \text{ m}^2$$

Kapasitas tahanan kulit (f_s) dengan menggunakan persamaan Alfa. Dari Tabel 4.2, untuk data yang diketahui didapat nilai α yaitu :

- Pada kedalaman (L_1) 0.50 - 1.50 meter didapat nilai $\alpha_1 = 0,40$

$$\bar{q} = 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = \alpha c + K \bar{q} \tan \delta$$

$$= (0,40 \times 6600) + (1,9 \times 14490 \times \tan 16^\circ)$$

$$= 264 + 7894,4$$

$$= 8158,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_{si} &= A_s \cdot F_s \\
 &= 236 \times 8158,4 = 1925382,4 \text{ kg} \\
 &= 1925,3824 \text{ ton} \approx 1925,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_2) 1,50 – 11,45 meter didapat $\alpha_2 = 0,40$

$$\begin{aligned}
 \bar{q} &= 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2 \\
 f_s &= \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,9 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 264 + 7894,4 \\
 &= 8158,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{si} &= A_s \cdot F_s \\
 &= 236 \times 8158,4 \\
 &= 1925382,4 \text{ kg} \\
 &= 1925,3824 \text{ ton} \approx 192,5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_3) 11,45 - 18.250 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\begin{aligned}
 \bar{q} &= 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2 \\
 f_s &= \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,9 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 264 + 7894,4 \\
 &= 8158,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{si} &= A_s \cdot F_s \\
 &= 236 \times 8158,4 = 1925382,4 \text{ kg} \\
 &= 1925,3824 \text{ ton} \approx 1925,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Pada kedalaman (L_4) 18.25 - 18.40 meter didapat $\alpha_3 = 0,40$

$$\begin{aligned}
 \bar{q} &= 1449 \cdot \frac{20}{2} = 14490 \text{ kg/m}^2 \\
 f_s &= \alpha c + K \bar{q} \tan \delta \\
 &= (0,40 \times 6600) + (1,9 \times 14490 \times \tan 16^\circ) \\
 &= 264 + 7894,4 \\
 &= 8158,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{si} &= A_s \cdot F_s \\
 &= 236 \times 8158,4 \\
 &= 1925382,4 \text{ kg} \\
 &= 1925,3824 \text{ ton} \approx 1925,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$Q_s = \sum Q_{si}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1925,4 + 1925,4 + 1925,4 + 1925,4 \\
 &= 7701,6 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 2.4, dengan sudut geser

(ϕ) = 29° , $R_l = L/B = 52,6$ dan

$R_2 = \frac{L_c}{B} = 18,42$ maka didapat nilai

$N'_c = 80$, $N'_q = 50$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \{c \cdot N'_c \eta \cdot \bar{q} \cdot (N'_q - 1)\} \\
 &= 0,0139 \{6600 \cdot 80 + 1 \cdot 14490 \cdot (50-1)\} \\
 &= 0,0139 \{528000 + 710010\} \\
 &= 17208,339 \text{ kg} \\
 &= 17,208339 \text{ ton} \approx 17,21 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Total kapasitas tiang pancang maksimum

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 7701,6 + 17,21 \\
 &= 7718,81 \text{ ton} \approx 7719 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data-data tanah di atas didapat kapasitas daya dukung maksimum tiang pancang baja H sebesar 7719 ton.

- b. Berdasarkan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}
 Q_u &= A_p \cdot f_s \\
 Q_u &= 139 \times 1400 \\
 &= 194600 \text{ kg} \\
 &= 194,6 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang dilakukan penulis, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ditinjau dari segi kekuatan bahan, maka daya dukung pondasi yang paling besar adalah pondasi baja H yaitu sebesar 194,6 ton.
2. Ditinjau dari daya dukung tanah, daya dukung pondasi yang paling besar adalah pada pondasi tiang baja profil H yaitu sebesar 7719 ton.
3. Kondisi tanah sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya kapasitas daya dukung yang dapat dipikul oleh tiang pancang.

5.2. Saran

Berkaitan dengan hasil penelitian tersebut maka dengan ini penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam merencanakan pondasi tiang pancang, hendaknya memperhatikan kondisi tanah di mana akan dilakukan pemancangan, karena kondisi tanah sangat mempengaruhi besarnya daya dukung yang dapat dipikul oleh tiang pancang.
2. Dalam merencanakan suatu pondasi hendaknya memperhatikan sisi ekonomis yaitu menekan biaya pembuatannya serendah mungkin dengan tanpa mengurangi kekuatannya.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles. J.E. 1981. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*. Penerbit Erlangga, Jakarta.

. 1986. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

__. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Tomlinson. M.J. 1977. *Pile Design and Construction Practice*. Penerbit Cement and Concrete Association, 52 Grosvenor Gardens, London.

Burn, 11 dan Lin, T.Y. *Desain Struktur Beton Prategang*.

Taufik Nurjaya, *Arsip Mata Kuliah Rekayasa Pondasi*.

Herry Riyanto, *Arsip Mata Kuliah Beton Prategang*.

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil penelitian, atau
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetakannya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolah kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituskan huruf miring.

 - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.