

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Pelaksanaan

4.1.1 Pekerjaan Tanah Fondasi

4.1.1.1 Galian

- a. Sebelum dimulai pekerjaan tanah, Penyedia Barang/Jasa bersama-sama Direksi Pekerjaan mengadakan penyelidikan dan pengukuran selisih tinggi seluruh areal dimana pekerjaan tanah akan dilaksanakan pekerjaan Fondasi dan menyetujui elevasi permukaan tanah asli. Prosedur yang sama akan diikuti bila penggalian selesai.
- b. Galian tanah untuk Fondasi harus sesuai dengan ukuran dalam gambar kelas Fondasi atau sampai tanah keras. Apabila diperlukan untuk mendapatkan daya dukung yang baik, dasar galian harus dipadatkan/ditumbuk.
- c. Setiap pekerjaan tambahan yang disebabkan karena kesalahan galian harus dikerjakan oleh Penyedia Barang/Jasa tanpa mengklaim biaya tambahan kepada Pemberi Pekerjaan.
- d. Bekas galian harus dibuang dan ditempatkan diluar areal proyek sesuai yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan. Demikian juga mengenai pembongkaran bekisting harus dibuang sesuai yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.
- e. Areal untuk penimbunan bekas galian dan lapisan humus dll. disediakan oleh Penyedia Barang / Jasa sendiri tanpa biaya dari Pemberi Pekerjaan.
- f. Harga satuan dalam Daftar Kuantitas dan Harga (BOQ) berlaku untuk semua jenis tanah yang dijumpai dalam pekerjaan galian, sehingga Penyedia Barang/Jasa harus sudah memperhitungkan jenis tanah yang nantinya dijumpai dalam pekerjaan ini.

4.1.1.2 Pengurugan dan Perataan Tanah Sisa Galian

- a. Urugan dalam pekerjaan ini menggunakan tanah dari galian yang dilakukan, tetapi apabila tanah galian terlalu jelek, maka pengurugan harus

dikoordinasikan terlebih dahulu dengan Direksi Pekerjaan apakah diperlukan mendatangkan tanah yang memenuhi syarat penimbunan.

- b. Seluruh tanah bekas galian akan diatur pemakaiannya dan ditetapkan oleh Direksi Pekerjaan apakah bisa digunakan atau tidak untuk pengurugan.
- c. Tanah urugan harus bersih dari humus, kotoran dan bahan-bahan yang nantinya merusak dari stabilitas tanah urugan itu sendiri.
- d. Pelaksanaan urugan harus dilakukan lapis demi lapis dengan tebal maksimum 25 cm dan dipadatkan dengan alat sederhana (stamper), disiram sampai jenuh hingga mencapai kepadatan maksimum, baru boleh dilanjutkan dengan lapisan berikutnya sampai mencapai ketinggian sesuai dengan gambar rencana.
- e. Kepadatan tanah hasil pengurugan harus mengikuti kondisi optimal dari jenis tanah, kadar air optimum dan peralatan untuk memadatkan tanah.
- f. Hasil akhir dari pengurugan minimal sampai permukaan tanah asli sebelum digali. Direksi Pekerjaan dapat memerintahkan pengurugan melebihi ukuran, karena memperhitungkan penyusutan tanah akibat konsolidasi. Setelah dilakukan pengurugan, maka sisa tanah harus diratakan sesuai dengan petunjuk Direksi Pekerjaan.

4.1.1.3 Pengukuran Volume Pekerjaan Pengurugan dan Pembayaran.

Volume didalam Daftar Kuantitas dan Harga (BOQ) berdasarkan pengukuran hasil pengurugan untuk pembayaran adalah volume antara batas permukaan daripada galian setelah dipadatkan dikurangi volume konstruksi yang dipasang pada galian tersebut. Tidak diperkenankan mengadakan pengurugan untuk pembayaran yang diakibatkan penurunan, penyusutan dan konsolidasi tanah dasar.

4.1.2 Pekerjaan Beton

4.1.2.1 Syarat Umum

Beton dibentuk dari campuran Portland Cement (PC), Pasir, Kerikil (Split) dan air, dimana masing-masing komponen mempunyai perbandingan yang jelas dan pasti. Untuk menghasilkan kualitas beton yang maksimal sesuai yang disyaratkan, maka Penyedia Barang/Jasa dalam waktu 4 (empat) minggu sebelum

melakukan pekerjaan pengecoran diwajibkan menyampaikan Mix Design untuk kelas beton yang di syaratkan. Kelas beton yang dipakai pada pekerjaan ini adalah K-225. Semua pekerjaan beton harus memenuhi persyaratan dalam Peraturan Beton Bertulang (PBI) 1971 – NI.2.

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam pekerjaan ini harus disetujui Direksi/Pengawas Pekerjaan, sebelum dipergunakan Penyedia Barang/Jasa harus memberitahukan sumber dari bahan yang dipakai.

4.1.2.2 Persyaratan Kekuatan Tekan Beton

Sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971- NI.2, Kekuatan tekan hancur beton berumur 28 hari seperti di dalam tabel berikut:

Tabel 4.1 Kekuatan Tekan Hancur Beton Kubus (15x15x15) (PBI 1971)

Kelas Beton	Kadar air Maksimum	Kadar Semen Minimum	Kekuatan Tekan Minimum Beton pada umur 28 hari	
			Kubus	Silinder
	Liter per meter kubik	Kilogram Per meter kubik	Kg/cm ³	Kg/cm ³
K-225	100	325	225 (1)	187

Sebelum beton dicor, harus dibuat dahulu benda uji kubus beton, dengan jumlah benda uji dan interval sesuai dengan PBI atau atas petunjuk Direksi. Satu kaki Fondasi harus dilaksanakan dalam satu kali pengecoran tanpa berhenti dan harus diambil minimal 5 m³ diambil 1 buah benda uji.

Kubus beton dibuat dengan cetakan yang halus permukaannya demikian pula sebelum campuran beton dituangkan kedalam cetakan, permukaan bagian dalam agar dilapisi vaseline/stenvet agar supaya pada waktu membuka cetakan tidak akan merusak beton uji. Campuran beton untuk benda uji, diambil langsung dari beton molen pada waktu mengecor beton.

Pengisian spesi beton untuk benda uji dilaksanakan dalam 2 lapisan yang kira-kira sama tebalnya, kemudian dari tiap lapisan ditusuk-tusuk dengan besi beton diameter 16 mm kira-kira 30 kali. Dua atau empat jam setelah diisikan, beton yang sudah agak mengeras perlu disempurnakan hingga rata untuk permukaan atas dari benda uji tersebut, bila perlu diratakan dengan air semen.

Benda uji direndam dalam air setelah proses pengerasan selesai sampai dikirim ke laboratorium. Untuk pengangkutannya ke laboratorium harus dijaga pula mengenai kelembaban benda uji tersebut, paling baik dibungkus karung yang dibasahi air.

Agar benda uji kubus beton tersebut mudah dimonitor, haruslah permukaan atasnya diberi catatan mengenai tanggal pengecoran jenis campuran beton, lokasi pengecoran dan lain-lain yang diperlukan.

Kuat tekan pada umur 7 (tujuh) hari harus sesuai dengan persyaratan dalam PBI 1971- NI.2 dari nilai yang ditetapkan pada usia 28 hari. Apabila hasil pengujian pada beton usia 7 hari memberikan hasil lebih kecil dari yang ditetapkan, Penyedia Barang/Jasa harus menghentikan pengecoran beton sampai diketahui penyebabnya dan diambil tindakan untuk menjamin diperoleh kualitas beton yang memenuhi syarat-syarat dengan cara yang dapat disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

Pengetesan beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai 7 atau 14 hari dan 28 hari (masing-masing 3 buah).

Sedang beton umur 28 hari harus sudah mempunyai tegangan karakteristik 225 kg/cm² untuk K.225.

4.1.2.3 Mix Design

Sebelum Penyedia Barang/Jasa melaksanakan pekerjaan pengecoran harus melaksanakan Mix Design untuk campuran beton yang nantinya digunakan untuk konstruksi pekerjaan ini.

Pemberitahuan untuk melaksanakan Mix Design kepada Direksi Pekerjaan paling lambat 4 (empat) minggu sebelum Penyedia Barang/Jasa melaksanakan pengecoran. Semua pengetesan terhadap kuat tekan beton harus dilaksanakan di Laboratorium Independen yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Didalam Proposal Mix Design yang disampaikan Penyedia Barang/Jasa kepada Direksi Pekerjaan harus memuat sumber darimana pasir, kerikil, air serta merk Portland Cement yang nantinya dipakai sebagai adukan beton pada pembuatan Fondasi konstruksi ini.

Untuk lebih mempercepat proses pelaksanaan Mix Design, Penyedia Barang/Jasa disarankan mengambil perbandingan komposisi campuran beton dari pekerjaan Mix Design pekerjaan-pekerjaan lain yang sudah dilaksanakan. Penyedia Barang/Jasa juga harus membuat usulan dari laporan Mix Design & komposisi campuran beton berupa perbandingan volume, untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan dan dalam hal ini harus mendapat persetujuan Direksi Pekerjaan terlebih dahulu.

Pelaksanaan Mix Design adalah tanggungan Penyedia Barang/Jasa dan diharuskan memberi laporan segera kepada Direksi atas hasil-hasilnya yang dilaksanakan.

4.1.2.4 Persiapan Pengecoran

4.1.2.4.1 Umum

Sebelum melakukan pengecoran Penyedia Barang/Jasa harus menyampaikan Kertas Kerja (*Work Sheet*) kepada Direksi Pekerjaan 2 (dua) hari sebelum pengecoran dilakukan. Isi dari *Work Sheet* antara lain : waktu, areal/tempat, volume pengecoran yang dilakukan, dll. *Work sheet* ditandatangani/disetujui Direksi Pekerjaan apabila semua pekerjaan persiapan untuk pengecoran sudah siap.

4.1.2.4.2 Lantai Kerja

Lantai kerja terbuat dari campuran adukan beton B-100 atau campuran 1 PC : 3 PS : 5 Split, dengan tebal minimal 100 mm dihampar diatas lapisan pasir urug ($t = 10$ cm). Hasil akhir dari lantai kerja harus datar/horisontal, hal ini diharapkan agar konstruksi beton yang akan dibuat bisa optimal.

4.1.2.4.3 Bekisting

Sebelum melakukan pekerjaan bekisting Penyedia Barang/Jasa diwajibkan menyampaikan gambar kerja bekisting dan perhitungannya untuk mendapatkan persetujuan dari Direksi Pekerjaan terlebih dahulu.

Bekisting dipakai untuk membatasi dan memberi bentuk beton sesuai dengan gambar rencana dan penyelesaian permukaan sebagaimana yang disyaratkan kecuali untuk permukaan horisontal dan permukaan kemiringan tidak melampaui 20 derajat terhadap garis horisontal.

Seluruh bekisting dan perancah harus direncanakan kuat untuk memikul seluruh beban yang mungkin terjadi selama pekerjaan pengecoran dan pekerjaan yang berhubungan dengannya tanpa menimbulkan lendutan yang dipersyaratkan dalam Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971 – NI.2 serta harus cukup rapat untuk mencegah kehilangan cairan adukan beton (bleeding). Perancah harus terpasang diatas dasar yang aman dan kuat.

Bekisting dibuat dari bahan-bahan yang layak dengan persetujuan Direksi Pekerjaan, Bekisting harus direncanakan sehingga sambungan anantara papan-papan atau panil-panil pada bidang yang tampak membentuk suatu pola tertentu dan seragam penempatannya terhadap garis-garis struktur lainnya.

Bekisting akan dibuat dan dipelihara sedemikian rupa untuk menghasilkan sambungan kedap air dan permukaan licin merata, mempunyai kekakuan cukup dan kekuatan mencegah perubahan terhadap tekanan dari beton dan beban-beban lainnya yang muncul selama pelaksanaan pengecoran berlangsung.

Bekisting untuk bagian-bagian pekerjaan yang tinggi harus mempunyai satu sisi yang tetap terbuka dimana nantinya akan ditutup sesuai dengan kemajuan pekerjaan pengecoran yang tiap tahap tidak boleh melebihi 2.00 m diatas lapisan beton yang sedang dicor.

Bekisting harus dibuat sedemikian sehingga dapat dibongkar kembali tanpa merusak beton dan harus dilengkapi dengan lubang-lubang pembersih pada tiap sambungan untuk menjamin pembersihan dari segala kotoran-kotoran dari bagian dalam sebelum pengecoran. Pada batas pengecoran atas harus dilengkapi dengan pencatat batas adukan yang harus dipasang dalam bidang horisontal sebelum tiap pengecoran dimulai.

Seluruh bagian dalam bekisting diberi pelumas sebelum penyetalan penulangan beton dilakukan, dengan bahan yang telah disetujui Direksi Pekerjaan terlebih dahulu. Pelumas tersebut nantinya tidak melekat pada beton, tidak meninggalkan bekas atau yang nantinya akan segera bersatu dengan air sebelum pengecoran beton.

Kelengkapan peralatan lainnya seperti baut harus dipasang sedemikian rupa sehingga memudahkan untuk pembongkaran dan tidak merusak beton

nantinya, bekas lubang diharapkan sekecil mungkin dan secepatnya ditutup kembali.

Bekisting yang sudah terpakai dapat dipakai kembali dengan persetujuan Direksi Pekerjaan terlebih dahulu. Permukaan dari acuan yang dipakai ulang, yang akan berhubungan dengan beton harus dibersihkan seluruhnya dan dilapisi pelumas sebelum dipasang. Pembongkaran bekisting bisa dilakukan setelah mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.

4.1.2.4.4 Tulangan Beton/ Pembesian

Semua tulangan harus mengikuti Gambar Rencana dan harus mengikuti Peraturan yang berlaku PBI 1971-NI.2. Tulangan baja harus dipotong dan dibengkokkan sesuai dengan panjang dan bentuk yang telah ditetapkan pada Gambar Rencana. Penyedia Barang/Jasa harus menyerahkan kepada Direksi Pekerjaan Bar Bending dan Bar Cutter Schedule kepada Direksi Pekerjaan sebelum pekerjaan pemotongan dan penyetelan tulangan baja dilakukan.

Semua tulangan harus dipasang sesuai dengan Gambar Rencana dan syarat-syarat yang tercantum dalam PBI 1971- NI.2. Sebagai tambahan untuk penempatan tulangan dengan tepat harus ditempuh cara-cara sebagai berikut :

- a. Dudukan plastik buatan pabrik yang sesuai untuk diameter batang tulangan dan penutup betonnya, dibawah semua tulangan bawah pelat beton dan pada semua dinding.
- b. Blok dan pengatur selimut luar, dengan ukuran yang sesuai dengan selimut beton yang ditentukan, dibawah semua tulangan pelat harus dibuat dari beton yang pada usia 28 hari mempunyai kuat tekan kubus paling kecil 20 Mpa dan mempunyai bentuk sedemikian rupa sehingga dapat dijamin kesetabilannya sewaktu pelaksanaan pengecoran beton.
- c. Dudukan dan pengatur jarak diantara tulangan atas dan bawah pelat beton dan diantara dua lapis tulangan pada dinding. Meterial ini harus dipabri kasi dari tulangan polos bulat minimum berdiameter 6 mm dan dibentuk sedemikian rupa sehingga tidak akan bergeser sewaktu beton dicor.
- d. Dengan alasan apapun selama pengecoran berlangsung, pekerja-pekerja tidak diperbolehkan menggeser tulangan dari posisinya. Apabila tulangan

harus disambung karena kurang panjang, maka sambungan harus mengikuti aturan yang ada dalam PBI 1971 NI-2. Pengikatan dengan kawat pengikat (bendrat) harus kuat dan stabil, sehingga pada waktu pelaksanaan pengecoran tulangan besi betul-betul kokoh dan stabil.

4.1.2.5 Pengecoran

4.1.2.5.1 Umum

Semua bahan dan material yang akan dipergunakan dalam pekerjaan ini harus yang masih baru dan mempunyai kualitas yang baik, serta dipilih berdasarkan syarat dan ketentuan yang berlaku antara lain: Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.

Sebelum bahan dan material didatangkan ke lokasi pekerjaan harus terlebih dahulu mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.

4.1.2.5.2 Pengadukan

Pengadukan beton harus menggunakan mesin pengaduk, dimana untuk pembuatan beton takaran bahan perekat, agregat dan air harus diperhatikan ketepatannya. Hasil pengadukan beton harus betul-betul homogen, jumlah air yang dipakai diperhitungkan terhadap nilai slump yang ditentukan sesuai syarat dalam PBI 1971 NI - 2.

4.1.2.5.3 Pengangkutan

Pengangkutan adukan beton dari tempat pengadukan ketempat pengecoran, dilakukan dengan cara/alat yang memungkinkan tidak terjadinya pemisahan atau kehilangan bahan.

4.1.2.5.4 Pelaksanaan Pengecoran

Beton harus dibuat sedekat-dekatnya dengan tempat pengecoran, dimana dalam proses pengecoran ini dilakukan secara terus menerus tidak berhenti, sampai pada batas-batas penghentian pengecoran (siar pelaksanaan) yang diijinkan dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

4.1.2.5.5 Pematatan

Untuk mencegah timbulnya rongga, ruang kosong dan sarang kerikil, adukan harus dipadatkan selama pengecoran berlangsung. Pematatan ini dapat dilakukan dengan alat pemadat mekanis (Concrete Vibrator).

Pematatan beton harus memenuhi prosedur dan syarat-syarat yang tercantum dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971-NI.2. Semua beton harus dimampatkan ditempat pengecoran dengan alat penggetar tegangan (vibrator) dengan diameter penggetar yang cocok disesuaikan dengan jarak antara dua tulangan, sehingga alat penggetar bisa masuk disela-selanya. Alat penggetar harus mempunyai frekuensi yang tinggi dan paling rendah harus 85 getaran per detik. Penggetaran tidak boleh dilakukan untuk menghasilkan pergerakan adukan kearah horisontal (mendatar), tetapi harus menghasilkan pemampatan arah vertikal.

Pengawasan harus dilakukan untuk menjamin supaya daerah yang dimampatkan saling bersambungan dan tidak ada bagian yang terlewatkan. Penggetar berjalan terus-menerus dan ujung alat penggetar dimasukkan kedalam acuan secara pelan-pelan dan diangkat harus secara pelan-pelan pula. Perpindahan alat penggetar tidak boleh melampaui jarak 600 mm atau tidak boleh melebihi radius getaran dimana acuan beton masih terkena getaran. Tidak boleh dilakukan penggetaran dengan cara menempelkan bekisting atau besi tulangan atau menempelkan alat penggetar pada dinding bekisting atau besi tulangan dimana beton sudah mulai mengeras. Penggunaan alat penggetar tidak boleh mengakibatkan rusaknya permukaan bekisting bagian dalam dan perpindahan atau rusaknya besi tulangan.

Tidak diperkenankan penggetaran yang berlebihan sehingga menimbulkan penggenangan air semen atau daerah dimana terjadi pemisahan anatara agregat dengan air semen (segregasi). Pencabutan Concrete Vibrator harus dilaksanakan dengan pelan agar tidak terjadi rongga didalam adukan.

4.1.2.5.6 Perawatan Beton dan Perlindungan Terhadap Cuaca

Pengecoran tidak boleh dimulai apabila hujan lebat sedang turun atau akan turun, dan seandainya hujan turun pada saat pengecoran tengah berlangsung,

Penyedia Barang/Jasa harus melindungi pekerjaan beton terhadap hujan sehingga dapat dicegah kerusakan pada adukan beton atau permukaan yang baru selesai dicor, sedemikian rupa sehingga semen didalam beton tidak terganggu dan tidak dilarutkan oleh air hujan. Apabila terjadi keadaan cuaca semakin memburuk, maka Direksi Pekerjaan adalah satu-satunya pihak yang berhak memutuskan apakah pengecoran boleh diteruskan atau tidak.

Apabila pengecoran dilakukan pada keadaan cuaca panas, maka selama masih mungkin pekerjaan harus dilindungi dari penyinaran langsung matahari dan pengaruh angin. Pelindung terhadap hujan harus dipasang diatas daerah yang baru selesai dicor agar perataan permukaan dan penyelesaian akhir dapat dilakukan ditempat yang kering.

Semua beton yang baru selesai dicor harus dirawat dengan cara membuat beton tersebut selalu basah selama paling sedikit 7 hari setelah pengecoran.

4.1.2.5.7 Pengerjaan Akhir Permukaan Beton

Pengerjaan berupa meratakan permukaan beton sehingga diperoleh suatu permukaan yang rata, seragam dan halus dengan ukuran dan kemiringan akhir yang sesuai dengan Gambar Rencana. Ketidakteraturan permukaan tidak boleh sampai mengurangi sifat-sifat struktural bangunan dan kelebihan beton dapat dibuang dengan mempergunakan template.

Pekerjaan akhir halus terdiri pertama-tama adalah menyiapkan suatu pekerjaan akhir kasar dan kemudian permukaan itu digosok-gosok sambil ditekan dengan mempergunakan sendok baja ataukayu yang bagian bawahnya licin. Pekerjaan akhir kasar tersebut kelihatan mulai mengeras dan harus dikerjakan sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu permukaan yang bebas dari cacat-cacat dan seragam dalam penampilannya.

4.1.2.5.8 Perbaikan

Ketidaktepurnaan permukaan beton harus diperbaiki sesuai dengan ketentuan Direksi Pekerjaan sehingga dapat dihasilkan permukaan yang sesuai dengan syarat-syarat tersebut diatas. Perbaikan pada beton hasil cetakan harus diselesaikan dalam waktu paling lambat 24 jam setelah bekisting dibuka.

Semua pekerjaan perbaikan harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga pelindung atau proses perkerasan dari beton tidak terganggu. Beton yang rusak, keropos (*honeycomb*), pecah atau kerusakan-kerusakan lainnya serta beton yang karena permukaannya mengalami penurunan melebihi batas-batas terpaksa harus dibongkar dan dibangun kembali hingga permukaan tersebut mencapai elevasi yang ditentukan. Pembongkaran dan penggantian dengan adukan beton baru harus ditetapkan oleh Direksi Pekerjaan.

4.1.2.5.9 Pengetesan dan Pengontrolan

Pekerjaan pembuatan beton harus dilaksanakan dengan sebaik-baiknya, homogen, padat, sesuai dengan spesifikasi serta dipertahankan kualitas secara kontinu. Pengontrolan terhadap kualitas adukan beton dilakukan dengan membuat benda uji berupa kubus beton atau selinder beton sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971-NI.2.

Satu kaki Fondasi harus dilaksanakan dalam satu kali pengecoran tanpa berhenti dan harus diambil minimal 3 buah benda uji. Benda uji tersebut di tes di laboratorium resmi yang independen yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Apabila dari benda-benda uji tersebut tidak memenuhi standar yang ditetapkan, maka Direksi Pekerjaan berhak menetapkan langkah-langkah yang harus dilakukan oleh Penyedia Barang/Jasa.

4.1.3 Material

4.1.3.1 Umum

Semua bahan dan material yang akan dipergunakan dalam pekerjaan ini harus yang masih baru dan mempunyai kualitas yang baik, serta dipilih berdasarkan syarat dan ketentuan yang berlaku antara lain: Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.

Sebelum bahan dan material didatangkan ke lokasi pekerjaan harus terlebih dahulu mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.

4.1.3.2 Air

Air untuk pembuatan dan perawatan beton, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam dan bahan organis atau bahan lain yang bersifat merusak beton/baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat untuk diminum.

4.1.3.3 PC (Portland Cement)

Tipe Semen/Portland Cement (PC) type I atau PCC terlebih dahulu diajukan untuk disetujui Direksi/Pengawas Pekerjaan. Dalam pemakaian semen sebagai bahan perekat harus mengikuti ketentuan yang berlaku dan sesuai dengan syarat-syarat dalam NI-2, PBI 1971. Seluruh semen yang didatangkan ke lapangan/site, harus terbungkus dalam kemasan yang rapat, tahan air, tidak cacat dan tidak mengeras. Penyimpanan Portland Cement (PC) harus dilakukan sebaik-baiknya, terlindung dari gangguan air dan hujan serta tidak boleh berhubungan langsung dengan permukaan tanah, atau ditempat yang lembab. Bahan Portland Cement (PC) yang menurut pertimbangan Direksi Pekerjaan tidak bisa dipakai atau tidak memenuhi syarat, harus segera dikeluarkan dari gudang. Merek Portland Cement (PC) harus dari produksi dalam negeri, satu pabrik/produsen yang sama, penggunaan merk lain diluar ketentuan yang diminta, hanya boleh dilakukan atas persetujuan Direksi Pekerjaan.

4.1.3.4 Agregat/ Bahan Adukan

4.1.3.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipergunakan untuk bahan beton ini berupa batu pecah (split) yang diperoleh dari pemecahan batu. Agregat kasar pada umumnya berupa butiran diameter 1 s/d 3 cm, dalam pekerjaan beton ini disyaratkan butiran tersebut harus keras, bersifat kekal, tidak berpori dan tidak pipih. Kandungan lumpur (bagian yang melewati ayakan 0,063 mm) didalamnya tidak boleh > 1 % dari berat keringnya, serta tidak mengandung bahan/zat organis yang bersifat merusak (Reaktif Alkali).

Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan didalam Peraturan

Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971-NI.2 harus memenuhi syarat-syarat berikut:

- a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm harus 0 % berat.
- b. Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 % s/d 98 % berat.
- c. Selisih antar sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.

Besar butir agregat maksimum tidak harus lebih dari seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil. Penyimpangan dari pembatasan tersebut harus mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.

4.1.3.4.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk pekerjaan beton maupun adukan lainnya, dapat berupa pasir alam hasil desintegrasi alami dari batu-batuan (pasir gunung/sungai) atau berupa pasir buatan yang berasal dari hasil alat pemecah batu (stone crusher). Sesuai dengan kebutuhan adukan / beton yang akan dipakai, pasir harus memenuhi persyaratan:

- a. Butiran harus tajam dan keras, tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur > 5 % dari berat keringnya.
- c. Apabila kadar lumpur melebihi 5 % dari berat keringnya, maka sebelum dipakai pasir harus dicuci terlebih dahulu.

4.1.3.5 Pembesian

4.1.3.5.1 Besi Tulangan

Setiap pekerjaan pembesian harus mengikuti standard dan peraturan yang sudah ditentukan dalam pasal-pasal PBI 1971-NI.2. Besi tulangan yang dipakai adalah besi mutu U-32 bila diameter yang dipakai lebih besar atau sama dengan 12 mm. Besi mutu U-24 bila diameter lebih kecil 12 mm.

Untuk itu setiap pengiriman besi tulangan Penyedia Barang/Jasa diwajibkan menyerahkan sertifikat dari pabrik mengenai spesifikasi dari besi/baja tulangan tersebut. Baja tulangan yang meragukan harus diperiksa dilembaga Independen pemeriksaan bahan yang diakui.

Batang besi dipilih bentuk polos dan bulat serta ulir dalam keadaan kondisi baru, tidak berkarat maupun cacat. Penyimpanan bahan untuk ukuran/diameter yang berlainan harus dipisahkan satu sama lain, serta tidak diperbolehkan disimpan ditempat langsung yang berhubungan dengan tanah. Ukuran dalam gambar harus diikuti sepenuhnya, baik cara pemasangan, penempatan maupun jumlahnya. Pelaksanaan pembengkokan besi harus dalam keadaan dingin serta tidak diijinkan menggunakan penyambungan dengan sistim las. Daftar pembengkokan besi/bestaa/bending schedule harus dibuat oleh Penyedia Barang/Jasa dalam melaksanakan konstruksi, guna mempermudah dan memperlancar pekerjaannya.

Ukuran besi tulangan yang dipakai harus dengan ukuran Standar, tidak diperkenankan memakai ukuran dipasaran yang mempunyai diameter lebih kecil. Ukuran dibawah Standar tidak diterima dan harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku untuk pekerjaan pembersian.

4.1.3.5.2 Kawat Pengikat

Kawat pengikat besi beton ini harus terbuat dari baja lunak dengan diameter minimum 1.50 mm dalam kondisi baru, tidak berkarat.

4.1.4 Persyaratan Teknis Fondasi

4.1.4.1 Fondasi Normal

4.1.4.1.1 Lingkup Pekerjaan

Melaksanakan pekerjaan Fondasi tower normal yang mencakup penyediaan bahan, tenaga kerja, peralatan dan transportasi bahan sampai ke lokasi pekerjaan termasuk penyediaan alat-alat bantu lainnya.

4.1.4.1.2 Konstruksi Fondasi Normal

- a. Fondasi normal yang digunakan terdiri dari konstruksi *Pad & Chimney* dengan mutu beton bertulang K.225

- b. Konstruksi Pad & Chimney Fondasi merupakan satu kesatuan struktur, sehingga pada saat pengecoran Pad, penulangan Chimney sudah terpasang secara kokoh, benar dan baik.
- c. Mutu beton yang digunakan untuk pembuatan Fondasi normal ini adalah harus memenuhi kualitas/mutu beton K.225.
- d. Semua beton harus diaduk dengan alat Molen.
- e. Pada prinsipnya pekerjaan beton untuk Fondasi ini mengacu pada ketentuan item Pekerjaan Beton pada bagian Syarat Teknis dari dokumen ini, kecuali disebutkan lain secara khusus dan Penyedia Barang/Jasa bertanggung jawab penuh atas mutu beton dan baiknya pelaksanaan pekerjaan beton ini.
- f. Pemadatan beton harus dilakukan dengan menggunakan Vibrator.
- g. Cara pengecoran Fondasi dapat dilaksanakan sedemikian rupa sehingga Fondasi merupakan satu kesatuan tidak ada penyambungan beton.
- h. Pengecoran Fondasi dapat dilaksanakan, setelah penyetelan/pemasangan kaki tower/stub bagian bawah selesai dan mendapat persetujuan secara tertulis oleh Direksi/Pengawas.
- i. Penghentian Pengecoran harus dengan persetujuan Direksi/Pengawas pekerjaan.
- j. Cetakan/ bekisting tidak boleh di bongkar sebelum beton mencapai kekuatan yang cukup. Dalam Pembongkaran Penyedia Barang/Jasa harus memperhatikan peraturan di dalam PBI 1971. Tanggung jawab atas keamanan konstruksi bilamana terjadi pembongkaran cetakan sebelum waktunya adalah terletak pada Penyedia Barang/Jasa.
- k. Pembongkaran template dilakukan setelah pengecoran Fondasi selesai secara keseluruhan dan minimum tidak boleh kurang dari persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi ini atau petunjuk Direksi/Pengawas pekerjaan.
- l. Fondasi Template harus kokoh dan tetap kedudukannya pada stub, baik selama pelaksanaan pengecoran maupun selesainya pengecoran.
- m. Apabila diperlukan Direksi/Pengawas pekerjaan dapat memerintahkan Penyedia Barang/Jasa menggunakan additive beton, dan semua biaya ditanggung Penyedia Barang/Jasa

- n. Selama pengecoran tidak diperkenankan air tanah bercampur dengan adukan beton baru. Untuk itu didaerah-daerah tanah yang bersumber air harus tersedia pompa untuk menguras air agar beton cor tidak bercampur dengan air tanah.
- o. Pada pekerjaan Fondasi harus sudah disiapkan rencana pemasangan earthing device yaitu dengan menanamkan pipa dia 2 inch dari bagian atas chimney sampai dengan bagian bawah pad, karena pemasangan earthing device biasanya setelah tower berdiri, maka pipa yang diperuntukan kawat BC ditutup dulu dengan las dop (penutup pipa dia 2 inch) pada bagian atas chimney dan bagian bawah pad.
- p. Pipa dia 2 inch ini dipasang pada setiap kaki tower, sehingga jumlahnya 4 (empat) set.

4.1.4.1.3 Pekerjaan Finishing Fondasi Normal

- a. Selama 14 (empat belas) hari, beton harus dibasahi terus menerus.
- b. Tiap Fondasi tower agar diberi Nomor *Tower Intersection Point* (TIP) yang tercetak pada permukaan beton dan tanggal pengecoran dengan jelas.
- c. Diusahakan air hujan dikemudian hari tidak akan merusakkan Fondasi, maka supaya dibuatkan saluran-saluran/parit-parit sedemikian rupa, sehingga air hujan dapat terkendalikan dan tidak akan merusak Fondasi (tidak longsor).

4.1.4.2 Fondasi Bored Pile

4.1.4.2.1 Lingkup Pekerjaan

Melaksanakan pekerjaan pembuatan bored pile yang mencakup penyediaan bahan, tenaga kerja, peralatan pengeboran, transportasi bahan sampai ke lokasi pekerjaan termasuk penyediaan alat-alat bantu lainnya.

4.1.4.2.2 Lokasi dan Jumlah Rencana Bored Pile

Lokasi dan jumlah tower yang harus memakai Fondasi jenis ini adalah sesuai data pada tabel hasil sondir (foundation schedule) dan mengacu pada

gambar referensi desain Fondasi (typical Fondasi bored pile) yang dilampirkan pada dokumen kontrak atau sesuai petunjuk/perintah direksi/pengawas pekerjaan.

4.1.4.2.3 Konstruksi Bored Pile

Konstruksi *bored pile* terdiri dari :

- a. Beton bertulang yang dilaksanakan dengan melakukan pengeboran pada kedalaman tertentu sesuai yang direncanakan dalam hasil sondir.
- b. Beton bertulang berbentuk bulat berdiameter 30 cm sampai dengan 60 cm atau sesuai dengan dengan standar peralatan yang dimiliki oleh Penyedia Barang/Jasa dengan pelaksanaan pengecoran ditempat.
- c. Beton bertulang dengan mutu K 225, mutu baja sesuai mutu baja yang disyaratkan dalam spesifikasi teknis.
- d. Peralatan *bored pile* yang digunakan sesuai dengan standar peralatan *bored pile*.

4.1.4.2.4 Pelaksanaan Bored Pile

Pelaksanaan dapat dimulai, setelah seluruh persiapan antara lain: pengukuran, bahan-bahan yang diperlukan, peralatan dan tenaga kerja siap digunakan/bekerja.

4.1.4.2.5 Spesifikasi Teknis Alat Bor

- a. Rangka Mesin

Rangka mesin ini mempunyai lebar 1.20 meter dengan panjang 3.00 meter terbuat dari besi kanal UNP yang berfungsi sebagai dudukan *winch* dan diesel penggerak. Menara bor yang ditempatkan pada ujung rangka, terbuat dari pipa besi galvanis berdiameter 3-4 inch dengan ketebalan medium SII, berfungsi sebagai line/ pengarah gear box terutama untuk pelurus vertikal pada saat pengeboran. Panjang menara bor ini bervariasi antara 6 sampai 9 meter tergantung kondisi lapangan. Kadang menara bor dipotong pendek apabila harus dioperasikan di dalam ruangan yang tingginya terbatas. Menara bor ini berfungsi juga sebagai penahan kerangka tulangan bored pile saat akan dimasukkan ke lubang bor. Kerangka tulangan bored pile yang dapat ditarik panjang maksimumnya 12 meter.

b. Penggerak Bor

Rotasi pengeboran digerakkan oleh elektromotor kapasitas 7.50 HP dengan kecepatan rotasi 1.500 rpm. Rotasi ini diperlambat dengan speed reducer dengan rasio 1:40 sehingga diperoleh output 90 kgm pada 37,50 rpm. Sumber listrik penggerak diperoleh dari pembangkit listrik tenaga diesel berkapasitas 10 sampai dengan 15 kVA.

c. Pipa Bor / Rod

Pipa/Rod bor terbuat dari pipa besi baja diameter 2.50" dengan ketebalan medium SII, yang mempunyai kekuatan momen torsi > 90 kgm.

d. Mata bor

Jenis mata bor yang dipakai disesuaikan dengan kondisi tanah yang dibor. Ada 2 jenis mata bor yang dapat dipakai, antara lain :

- Cross bit Digunakan pada pengeboran dengan sistem wash boring, disini air berfungsi sebagai media pengangkut / pendorong tanah hasil pengeboran.

- Bor Spiral Digunakan pada saat pengeboran dengan sistem *dry drilling*.

e. Katrol / Diesel Winch

Diesel winch yang dipakai, dilengkapi dengan tambang baja (wire rope) yang mempunyai kekuatan angkat 2 ton dengan kecepatan 8 meter / per menit.

f. Pompa

Pompa hanya digunakan pada sistem wash boring. Dalam hal ini sering dipakai pompa sentrifugal yang berdiameter isap 3" dan mempunyai tekanan 1,1 kg/cm² yang dihubungkan ke stang bor menggunakan selang tekan berdiameter 2".

g. Corong Cor

Corong cor digunakan sebagai penampung adukan beton yang akan dimasukkan ke dalam pipa tremi. Corong cor ini terbuat dari plat besi tebal 3 mm dan ber diameter 60 cm. Penyambungan corong cor dengan pipa tremi memakai sistem draat.

h. Pipa Tremi

Pipa tremi sebagai penghantar adukan beton terbuat dari pipa galvanis berdiameter 6 ” dengan ketebalan medium SII, panjang setiap pipa 2 meter yang disambung dengan sistem drat.

i. Alat Bantu

Alat bantu yang sering diperlukan dalam pekerjaan pengeboran antara lain :

- Kunci pipa dan kunci rantai
- Kunci pas dan kunci inggris
- Cangkul, linggis, ember
- Travo las, gerinda potong
- Gegep dll.

j. Roller/Perakit Baja Tulangan :

Roller adalah alat untuk menggulung tulangan spiral jarak/senggang spiral. Biasanya yang digunakan untuk spiral adalah tulangan polos karena baja tulangan ini memiliki sifat elastis. Diameter roller dibuat lebih kecil dari diameter bored pile sehingga didapat selimut/penutup beton yang tebalnya sekitar 5 – 7,5 cm. Untuk pemotongan dan pembengkok baja tulangan biasa digunakan mesin potong atau gunting tulangan konvensional. Untuk mengikat baja tulangan digunakan kawat beton dengan memakai alat gegep atau tang.

4.1.4.2.6 Pekerjaan Bored Pile

a. Pekerjaan Persiapan :

- Persiapan lahan untuk merakit dan mendirikan mesin bor pada titik yang akan di bor
- Pengadaan material
- Perakitan baja tulangan.

b. Pengeboran

- Pengeboran dengan sistem dry drilling: tanah dibor dengan menggunakan mata bor spiral dan diangkat setiap interval kedalaman 0,5 meter. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai kedalaman yang ditentukan.

- Pada kondisi tanah yang rawan longsor maka memerlukan casing untuk menahan sisi lubang tanah dari kelongsoran, dan tidak diperkenankan mencabut casing sebelum pemasangan besi dan pengecoran selesai dilakukan.
- Pompa air untuk sirkulasi dan airnya yang dipakai untuk pengeboran, persediaan air harus cukup untuk mencapai kedalaman pengeboran yang direncanakan.
- Diameter lubang untuk Fondasi bored pile minimal 30 cm atau sesuai standar peralatan yang dimiliki oleh Penyedia Barang/Jasa dan disesuaikan dengan hasil perhitungan design yang telah disetujui oleh direksi pekerjaan atau atas petunjuk dari direksi/pengawas pekerjaan.
- Pekerjaan pengeboran harus dilakukan dengan cara yang tepat dengan tujuan agar menjaga stabilitas tanah selama pengeboran sampai dengan pengecoran selesai adalah tanggung jawab kontraktor.
- Prosedur pengeboran dapat diajukan oleh kontraktor atau atas petunjuk dari Direksi Pekerjaan untuk mendapat persetujuan dari direksi pekerjaan.

c. Pemasangan Besi Tulangan dan Pipa Tremi.

- Kerangka baja tulangan yang telah dirakit diangkat dengan bantuan diesel winch dalam posisi tegak lurus terhadap lubang bor dan diturunkan dengan hati-hati agar tidak terjadi banyak singgungan dengan lubang bor.
- Baja tulangan yang telah dimasukkan dalam lubang bor ditahan dengan potongan tulangan melintang lubang bor. Apabila kebutuhan baja tulangan lebih dari 12 meter bisa dilakukan penyambungan dengan diikat kawat beton dengan panjang overlap sesuai PBI' 71
- Setelah rangka baja tulangan terpasang, pipa tremi disambung dan dimasukkan kedalam lubang dengan panjang sesuai kedalaman lubang bor.
- Apabila pada waktu pemasangan baja tulangan terjadi singgungan dan terjadi keruntuhan di dalam lubang bor, maka diperlukan pembersihan ulang dengan memasang head kombinasi diameter 6" ke diameter 2".

Dengan memompakan air ke dalam stang bor dan pipa tremi, maka runturan-runturan dan tanah yang menempel pada besi tulangan dapat dibersihkan kembali.

- Pada saat pembersihan dilakukan, pengadukan beton bisa mulai dilakukan.

4.1.4.2.7 Pekerjaan Pengecoran Bored Pile

- a. Sebelum pekerjaan pengecoran Fondasi *bored pile*, yang sangat diperhatikan adalah kondisi hasil boring, tidak diperkenankan pengecoran pada kondisi lubang bor bercampur lumpur yang menyebabkan kualitas beton dapat berubah.
- b. Pengecoran dilaksanakan dengan menggunakan *casing* yang di dalamnya telah dipasang besi tulangan, dengan pengecoran menggunakan pipa tremi sampai dasar tanah kemudian diangkat pipa treminya sesuai dengan volume beton yang masuk secara bertahap agar beton posisinya dibawah air tanah/lumpur sehingga air tanah/lumpur terdorong keatas.
- c. Campuran beton tidak diperkenankan terlalu banyak kadar airnya, agar dapat seimbang dengan kekenyalan tanah yang ada disekitar *boring*.
- d. Pengecoran dilaksanakan bersamaan dengan pencabutan *casing*:
 - Ujung casing tidak melewati posisi campuran beton
 - Dalam casing minimal 30 cm ada campuran betonnya.
 - Pencabutan casing dilakukan setelah proses pengecoran beton bored pile selesai.
 - Bila memungkinkan diambil sampel adukan beton yang keluar dari mulut lobang bor minimal 1 (satu) yang dipergunakan untuk pengetesan mutu beton yang digunakan untuk Fondasi bor pile atau dapat juga setelah akan dilakukan pemasangan pile cap dilakukan uji test beton dengan hammer test.

4.1.4.2.8 Pekerjaan Tambah/Kurang Tiang Pancang

Apabila dalam pelaksanaan pekerjaan terdapat perubahan pekerjaan yang tidak sesuai dengan dokumen kontrak, maka Penyedia Barang/Jasa diminta untuk melaporkan kepada direksi pekerjaan. Penambahan tiang pancang dapat dilakukan apabila didalam perhitungan tiang pancang di atas diketahui bahwa tiang pancang tersebut mempunyai kapasitas beban lebih kecil dari pada beban *ultimate design*.

4.1.4.2.9 Pekerjaan Beton Cap

- a. Beton *cap* dilaksanakan setelah pekerjaan pemancangan seluruh *pile* selesai dilaksanakan.
- b. Pada bagian atas *pile* yang dipotong/dibongkar dengan menyisakan tulangan *pile*, sebagai penyambung antar *pile* dengan cap sesuai gambar dan persyaratan PBI 1971 NI - 2
- c. Dasar *pile cap* ditentukan sesuai gambar atau petunjuk dari Direksi Pekerjaan, yang mana *pile cap* harus tertanam didalam tanah sesuai dengan gambar.
- d. Mutu beton yang dipergunakan untuk *pile cap* adalah K.225 dengan mutu baja U.32.
- e. Setelah tiang pancang beton dipasang sesuai dengan rencana maka tahap berikutnya adalah penggalian tanah dan pemasangan *stake* besi pada *pile* bagian atas seperti gambar kerja yang sudah disetujui oleh direksi pekerjaan.
- f. Selama pekerjaan penggalian tanah apabila diperlukan turap & pompa air maka biaya pekerjaan ini menjadi tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa bersangkutan yang telah diperhitungkan dalam kontrak.
- g. Pengecoran dihentikan setelah adukan beton yang naik ke permukaan telah bersih dari lumpur. Bila pengecoran dihentikan di bawah permukaan tanah, karena perhitungan adanya galian tanah, maka tinggi pengecoran minimal harus 0,5 meter di atas level rencana bagian atas bored pile sampai beton pada rencana bagian atas tidak tercampur lumpur lagi.
- h. Setelah pelaksanaan Fondasi bored pile selesai, maka dilanjutkan dengan pembuatan pile cap Fondasi.

- i. Pada pembesian beton pile cap harus disiapkan penyambungan pembesian pada pile cap Fondasi dan chimney menjadi kesatuan antara beton bored pile, beton pile cap Fondasi dan chimney beton.
- j. Pengecoran beton pile cap Fondasi dan beton chimney harus bersamaan pemasangan stub tower yang ada dan sesuai tipe yang direncanakan.
- k. Pembersihan dan pemasangan kembali. Setelah pekerjaan pengecoran selesai, semua peralatan dibersihkan dari sisa beton dan lumpur dan disiapkan kembali untuk dipakai pada titik bor berikutnya.

4.1.4.2.10 Pekerjaan Beton Pile Cap

- a. Beton pile cap dilaksanakan setelah pekerjaan pengecoran bored pile selesai dilaksanakan.
- b. Dasar pile cap ditentukan sesuai gambar atau petunjuk dari direksi pekerjaan, yang mana pile cap harus tertanam didalam tanah sesuai dengan gambar.
- c. Mutu beton yang dipergunakan untuk pile cap adalah K 225 dengan mutu baja sesuai yang disyaratkan dalam spesifikasi teknis.
- d. Setelah tiang pancang beton dipasang sesuai dengan rencana maka tahap berikutnya adalah penggalian tanah dan pemasangan stake besi pada pile bagian atas seperti gambar kerja yang sudah disetujui oleh direksi pekerjaan.
- e. Selama pekerjaan penggalian tanah apabila diperlukan turap & pompa air maka biaya pekerjaan ini menjadi tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa bersangkutan yang telah diperhitungkan dalam kontrak.

4.1.4.2.11 Pekerjaan Tambah/Kurang Bored Pile Fondasi

Apabila dalam pelaksanaan pekerjaan terdapat perubahan pekerjaan yang tidak sesuai dengan dokumen kontrak, maka Penyedia Barang/Jasa diminta untuk melaporkan kepada direksi pekerjaan. Penambahan *Bored Pile* dapat dilakukan apabila didalam perhitungan bored pile di atas diketahui bahwa bored pile tersebut mempunyai kapasitas beban lebih kecil dari pada beban *ultimate design*.

4.1.4.2.12 Loading Test

Bila diperlukan (lihat BOQ), Penyedia Barang/Jasa wajib melaksanakan *Loading Test uplift* berdasarkan instruksi/petunjuk Pemberi Pekerjaan. Tujuan dilaksanakan tes-tes ini adalah untuk mengetahui daya dukung sesungguhnya dari tiang pada bored pile. Tes beban secara langsung (*Loading Test*) dilakukan dengan beban minimal 2 kali beban rencana untuk single pile. Untuk pelaksanaan loading test Penyedia Barang/Jasa harus menyampaikan prosedur *loading test* dan peralatan yang akan digunakan telah dikalibrasi untuk mendapatkan persetujuan dari Pemberi Tugas.

4.1.4.2.13 Personil

Pelaksanaan dan pengawasan pekerjaan bored pile harus dilakukan oleh tenaga kerja yang ahli dan berpengalaman dalam bidang bored pile.

4.1.4.3 Fondasi Pile (Pancang)

4.1.4.3.1 Lingkup Pekerjaan

Melaksanakan pekerjaan pembuatan Fondasi tiang pancang yang mencakup penyediaan bahan, tenaga kerja, peralatan pemancang, transportasi bahan sampai ke lokasi pekerjaan termasuk penyediaan alat-alat bantu lainnya.

4.1.4.3.2 Lokasi dan Jumlah Fondasi Pile (Pancang)

Lokasi dan jumlah tower yang harus memakai Fondasi jenis ini adalah sesuai data pada Daftar Kuantitas dan Harga (BoQ) yang dilampirkan dalam dokumen ini.

4.1.4.3.3 Konstruksi Pile (Pancang)

- a. Beton bertulang *pre-stress* dipakai sebagai tiang pancang pada kedalaman yang direncanakan.
- b. Beton bertulang yang digunakan untuk mengisi bagian ujung atas tiang pancang beton *pre-stress* harus menggunakan campuran beton mutu diatas atau sama dengan K.500, agar kerusakan pile seminimal mungkin.

4.1.4.3.4 Pelaksanaan Fondasi Pile (Pancang)

Pelaksanaan dapat dimulai, setelah seluruh persiapan antara lain: pengukuran, bahan-bahan yang diperlukan, peralatan dan tenaga kerja siap digunakan/bekerja.

4.1.4.3.5 Pekerjaan Pemancangan

- a. Ujung tiang pancang harus ditutup dengan beton yang mempunyai ujung runcing dimana tujuan agar supaya mempermudah pemancangan dan tanah tidak masuk ke dalam rongga tiang pancang.
- b. Tiang pancang di setting sedemikian rupa sehingga membentuk kemiringan 1 : 10 ke arah sumbu TIP (*Tower Intersection Point*) yang sudah diperhitungkan pada akhir pemancangan posisi *cap* dan *Chimney* dan *Stub Tower* tepat pada *Back to Back* dan Sisi ke sisi yang presisi.
- c. Pemancangan beton *pre-stress* dilaksanakan pada setiap titik *pile* dengan menggunakan *hammer* yang harus lebih berat dari berat tiang pancang sampai mencapai kedalaman yang ditentukan.
- d. Apabila dalam pelaksanaan pemancangan tiang dijumpai pelaksanaan yang tidak sesuai dengan rencana/*design* maka kontraktor harus segera melaporkan kepada direksi pekerjaan lapangan.
- e. Penyambungan tiang pancang untuk kedalaman lebih dari dua panjang tiang pancang standar harus dilakukan dengan baik, kuat dan memenuhi kekuatan beban rencana.
- f. Pengelasan pada penyambungan tiang pancang harus menggunakan las baja (listrik) yang sesuai standar pengelasan.

4.1.4.3.6 Pile Driving Formula

Dalam melaksanakan pekerjaan pemancangan Penyedia Barang/Jasa harus melaksanakan record data, untuk setiap 30 cm kedalaman pemancangan sampai terakhir. Data tersebut meliputi:

- *Date of Driving*
- *Pile Number*
- *Date of Production*

- *Type of Pile, Size and Length*
- *Drop high and weight of hammer*
- *Depth of penetration*
- *Number of blow each penetration (every 0.3 m to final set)*
- *Time schedule of driving including interruption*
- *Final set / Calendaring*
- *Ground level and Final level*
- *Alignment and Deviation of pile*

Setiap tiang pancang harus diberi tanda ukuran panjang setiap m'. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pencatatan panjang pile yang telah masuk kedalam tanah. Disamping itu, untuk menentukan beban ultimate dari pada tang pancang tersebut dipergunakan Pile Driving Formula untuk dapat dipergunakan dengan persetujuan direksi pekerjaan.

4.1.4.3.7 Pekerjaan Tambah/Kurang Tiang Pancang

Apabila dalam pelaksanaan pekerjaan terdapat perubahan pekerjaan yang tidak sesuai dengan dokumen kontrak, maka Penyedia Barang/Jasa diminta untuk melaporkan kepada direksi pekerjaan. Penambahan tiang pancang dapat dilakukan apabila didalam perhitungan tiang pancang di atas diketahui bahwa tiang pancang tersebut mempunyai kapasitas beban lebih kecil dari pada beban ultimate design.

4.1.4.3.8 Pekerjaan Beton Cap

- a. Beton *cap* dilaksanakan setelah pekerjaan pemancangan seluruh *pile* selesai dilaksanakan.
- b. Pada bagian atas *pile* yang rusak dipotong/dibongkar agar tulangan *pile* dapat dipergunakan sebagai *stake* penyambung antar *pile* dengan *cap* atau apabila ujung atas *pile* tidak dapat di potong dapat disambung dengan cara penyambungan *pile* dan penambahan *stake* besi yang disetujui oleh direksi pekerjaan.
- c. Dasar *pile cap* ditentukan sesuai gambar atau petunjuk dari direksi pekerjaan, yang mana *pile cap* harus tertanam didalam tanah sesuai dengan gambar.
- d. Mutu beton yang dipergunakan untuk *pile cap* adalah K.225 dengan mutu baja U.32.

- e. Setelah tiang pancang beton dipasang sesuai dengan rencana maka tahap berikutnya adalah penggalian tanah dan pemasangan *stake* besi pada *pile* bagian atas seperti gambar kerja yang sudah disetujui oleh direksi pekerjaan.
- f. Selama pekerjaan penggalian tanah apabila diperlukan turap & pompa air maka biaya pekerjaan ini menjadi tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa bersangkutan yang telah diperhitungkan dalam kontrak.

4.1.4.4 Fondasi Angkur

4.1.4.4.1 Umum

Lokasi dan jumlah Fondasi dan jenis Fondasi yang di gunakan dijelaskan dalam “Bill of Quantity” atau dalam penjelasan berita acara atau sesuai petunjuk Direksi/Pengawas Pekerjaan.

4.1.4.4.2 Konstruksi Fondasi Angkur (Fondasi klas 4B)

a. Pekerjaan Galian Tanah atau Batuan

- Apabila terdapat tanah di permukaan batuan harus diambil dahulu termasuk di atasnya dari tumbuh-tumbuhan dan akar-akarnya sehingga tidak membusuk.
- Galian batuan dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang datar yang dilaksanakan sesuai dengan ukuran dan tinggi permukaan sesuai pile yang ditunjukkan oleh Direksi/pengawas pekerjaan dan gambar yang disetujui oleh direksi pekerjaan.
- Pengecoran beton dan Pengurugan tanah kembali atas galian Fondasi hanya boleh dilaksanakan setelah diadakan pemeriksaan mengenai pelaksanaan pemasangan *earthing angle* dan/atau *counter poise* oleh Direksi/Pengawas Pekerjaan.
- Pengurugan tanah harus dilakukan lapis demi lapis dengan tebal setiap lapis 20 cm dan dipadatkan dengan *stamper*. Pengurugan dapat dilaksanakan setelah beton selesai dicor dengan persetujuan direksi. Tanah urugan harus dilakukan dan diratakan diatas permukaan Fondasi beton agar Fondasi tertutup sesuai formasi tanah asli dan untuk

mencegah kemungkinan air menggenangi peralatan tower bila perlu dibuatkan saluran untuk drainase.

- Selama pekerjaan penggalian tanah apabila diperlukan turap & pompa air maka biaya pekerjaan ini menjadi tanggung jawab Penyedia Barang/jasa bersangkutan yang telah diperhitungkan dalam harga kontrak.

b. Fondasi Angkur

- Fondasi Angkur yang digunakan terdiri dari konstruksi tapak/plat dan Kolom/Chimney dengan beton bertulang mutu K.225, baja mutu U.32
- Konstruksi Kolom/Chimney dan plat Fondasi merupakan satu kesatuan struktur, sehingga pada saat pengecoran plat beton, penulangan chimney sudah terpasang secara kokoh, benar dan baik.
- Mutu beton yang digunakan sebagai grouting untuk pembuatan Fondasi angkur ini adalah harus memenuhi kualitas/mutu batuan yang akan dibuat Fondasi angkur.
- Pada prinsipnya pekerjaan beton untuk Fondasi ini mengacu pada ketentuan item Pekerjaan Beton pada bagian Syarat Teknis dari dokumen ini, kecuali disebutkan lain secara khusus.
- Penyedia Barang/jasa bertanggung jawab penuh atas mutu beton dan baiknya pelaksanaan sesuai dengan hasil testing.
- Semua beton harus diaduk dengan beton molen.
- Pembuatan/pengambilan contoh untuk tes pada tiap-tiap tower serta pelaksanaan tesnya adalah tanggungan Penyedia Barang/jasa dan diharuskan memberi laporan segera kepada Direksi atas hasil-hasilnya yang dilaksanakan sewaktu pengecoran.
- Pengetahuan kuat tekan contoh dilakukan di laboratorium yang dapat dipertanggung jawabkan serta disaksikan oleh Direksi/pengawas pekerjaan atau Wakilnya.
- Fondasi tower yang tidak memenuhi syarat tes di atas harus dibongkar atas biaya Penyedia Barang/jasa.
- Pematatan beton harus dilakukan dengan menggunakan Vibrator.

- Cara pengecoran Fondasi dapat dilaksanakan sedemikian rupa sehingga Fondasi merupakan satu kesatuan tidak ada penyambungan beton.
- Penyedia Barang/jasa diwajibkan untuk membuat metode kerja dan pengetesan terhadap cara pemasangan Angkur.
- Pengecoran Fondasi dapat dilaksanakan, setelah penyetulan/pemasangan kaki tower/stub dan pemasangan angkur bagian bawah selesai dan mendapat persetujuan secara tertulis oleh Direksi/Pengawas.
- Penghentian Pengecoran harus dengan persetujuan Direksi/Pengawas pekerjaan.
- Cetakan/bekisting tidak boleh di bongkar sebelum beton mencapai kekuatan yang cukup. Dalam Pembongkaran Penyedia Barang/jasa harus memperhatikan peraturan di dalam PBI 1971. Tanggung jawab atas keamanan konstruksi bilamana terjadi pembongkaran cetakan sebelum waktunya adalah terletak pada Penyedia Barang/jasa.
- Pembongkaran Template dilakukan setelah pengecoran Fondasi selesai secara keseluruhan dan minimum tidak boleh kurang dari persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi ini atau petunjuk Direksi/Pengawas Pekerjaan.
- Fondasi Template harus kokoh dan tetap kedudukannya pada stub, baik selama pelaksanaan pengecoran maupun selesainya pengecoran.
- Apabila diperlukan Direksi/Pengawas Pekerjaan dapat memerintahkan Penyedia Barang/jasa menggunakan additive beton, dan semua biaya ditanggung Penyedia Barang/Jasa
- Selama pengecoran tidak diperkenankan air tanah bercampur dengan adukan beton baru. Untuk itu di daerah-daerah tanah yang bersumber air harus tersedia pompa untuk menguras air agar beton cor tidak bercampur dengan air tanah.

c. Pemasangan Angkur

- Angkur dipasang dengan cara melakukan Drilling pada batuan massif dengan diameter tidak boleh kurang dari 32 mm yang disesuaikan dengan

diameter Angkur ditambah dengan selimut pasta semen yang cukup untuk kekuatan Angkur atau atas petunjuk Direksi/Pengawas Pekerjaan. Panjang atau kedalaman drilling sesuai dengan panjang angkur yang masuk dalam batuan yang tertera dalam tabel gambar.

- Diameter angkur sesuai dengan gambar dengan mutu baja ulir U-32.
- Pada ujung angkur yang tertanam pada beton harus dibengkokkan membentuk 90 atau 45 sesuai persyaratan bengkokan besi beton.
- Besi angkur yang dipergunakan tidak boleh disambung dengan cara apapun, utuh dengan panjang sesuai dengan gambar.
- Batuan yang sudah didrilling dibersihkan dengan air dengan tekanan compressor dan diperiksa kebersihannya oleh direksi pekerjaan, kemudian dituang/dimasukkan pasta semen Sika Grout 215 kemudian menggetarkan besi angkur yang sudah berada didalam lubang drilling.
- Jumlah volume pasta semen yang masuk harus dihitung dan diketahui volumenya serta dilaporkan untuk mendapat persetujuan di lokasi pekerjaan.
- Pada pekerjaan awal sebelum pekerjaan pemasangan angkur berlanjut, Penyedia Barang/jasa diwajibkan mengadakan pengetesan pull-out terhadap angkur yang sudah terpasang dan berumur 14 hari sesuai petunjuk Direksi/Pengawas Pekerjaan.
- Direksi pekerjaan dapat melakukan pengurangan dan penambahan pekerjaan pemasangan angkur yang disesuaikan dengan hasil tes pull-out angkur.
- Dalam me-desain Fondasi angkur, karena tingkat ketidakpastiannya tinggi safety factor untuk Uplift diambil minimal 5,0.

d. Pekerjaan Finishing Fondasi Angkur

- Selama 14 (empat belas) hari, beton harus dibasahi terus menerus.
- Tiap Fondasi tower agar diberi Nomor TIP yang tercetak pada permukaan beton dan tanggal pengecoran dengan jelas.
- Diusahakan air hujan dikemudian hari tidak akan merusakkan Fondasi, maka supaya dibuatkan saluran-saluran/parit-parit sedemikian rupa,

sehingga air hujan dapat terkendalikan dan tidak akan merusak Fondasi (tidak longsor).

4.1.4.5 Fondasi Sumuran

4.1.4.5.1 Lingkup Pekerjaan

Melaksanakan pekerjaan pembuatan sumur Fondasi (Fondasi klas 4A) yang mencakup penyediaan bahan, tenaga kerja, peralatan dan transportasi bahan sampai ke lokasi pekerjaan termasuk penyediaan alat-alat bantu lainnya.

4.1.4.5.2 Lokasi dan Jumlah Rencana Sumuran

Lokasi dan jumlah tower yang harus memakai Fondasi jenis ini adalah sesuai data pada tabel hasil sondir (*foundation schedule*) dan mengacu pada gambar referensi desain Fondasi yang dilampirkan pada dokumen atau sesuai petunjuk Direksi/Pengawas Pekerjaan.

4.1.4.5.3 Konstruksi Sumuran

- a. Beton bertulang yang dilaksanakan dengan melakukan Pembuatan sumuran dengan kedalaman tertentu sesuai yang direncanakan dalam hasil sondir.
- b. Beton bertulang berbentuk bulat berdiameter ± 100 cm, tebal *lining* sumuran minimal 8cm dengan pelaksanaan pengecoran dapat dilakukan di tempat lain dengan panjang 1 meter untuk tiap segmen.
- c. Beton bertulang dengan mutu K.225.
- d. Mutu baja sesuai dengan syarat Bahan Baja.

4.1.4.5.4 Pelaksanaan Fondasi Sumuran

Pelaksanaan dapat dimulai, setelah seluruh persiapan antara lain: pengukuran, bahan-bahan yang diperlukan, peralatan dan tenaga kerja yang berpengalaman agar pekerjaan berjalan sesuai hasil yang diharapkan.

4.1.4.5.5 Pekerjaan Sumuran

- a. Pekerjaan Pembuatan sumuran dapat dilaksanakan dengan penggalian dengan tenaga manusia maupun dengan alat boring.

- b. Penggalian sumuran ditempatkan pada posisi rencana Fondasi sumuran dengan Posisi tegak lurus.
- c. Kedalaman sumuran sudah diperhitungkan adanya Cap Fondasi yang akan dikerjakan, atau sesuai petunjuk Direksi/Pengawas Pekerjaan.

4.1.4.5.6 Pekerjaan Pengecoran

- a. Sebelum pekerjaan pengecoran Fondasi, perlu diperhatikan kondisi Sumuran yang ada, tidak diperkenankan pengecoran pada kondisi lubang sumuran bercampur lumpur yang menyebabkan kualitas betonnya berubah.
- b. Apabila sumuran dalam kondisi berair, maka sumuran harus dipompa agar kondisi sumuran mengering.
- c. Campuran beton tidak diperkenankan terlalu banyak kadar airnya apabila lokasi mengandung sumber air.
- d. Pengecoran dilaksanakan sekaligus dan tidak diperkenankan bertahap, olehnya itu turap dan bekisting harus kuat terhadap tekanan tanah dari sisi sumuran.
- e. Pengecoran beton pada sumuran yang menggunakan cincin beton maka tidak perlu menggunakan bekesting lagi dan cincin sebagai pengganti bekisting.
- f. Pengecoran tidak diperkenankan secara bertahap untuk tiap lubang sumuran, untuk menjaga kualitas beton.
- g. Setelah Pelaksanaan Fondasi sumuran selesai, maka dilanjutkan dengan pembuatan Cap Fondasi.
- h. Pada pembesian Beton sumuran harus disiapkan penyambungan pembesian pada Cap Fondasi dan Chimney menjadi kesatuan antara beton sumuran, beton Cap Fondasi dan beton Chimney.
- i. Pada Pengecoran beton Cap Fondasi dan beton Chimney harus sudah tersangan Stup Tower yang ada, sesuai tipe Tower yang direncanakan.
- j. Pada umur tertentu seperti yang dijelaskan pada syarat teknik beton maka Bekisting baru diperbolehkan pembongkaran.

4.1.4.5.7 Penggunaan Fondasi Sumuran

- a. Kedalaman sangat ditentukan pada hasil dari data sondir, dimana data sondir menunjukkan angka rata-rata untuk memperhitungkan *Pressure* dan *Uplift* Fondasi Tower yang akan terjadi.
- b. Penyedia Barang/Jasa diminta membuat perhitungan penggunaan sumuran berdasarkan perhitungan Design Tower yang digunakan dengan konduktor dan Span yang ada, pada lokasi tertentu dengan hasil data sondir.
- c. Hasil Perhitungan Sumuran dari Penyedia Barang/Jasa yang berkaitan dengan pekerjaan harus mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.
- d. Gambar Referensi yang ada, merupakan estimasi untuk Pekerjaan Sumuran bilamana terjadi pengurangan dan penambahan Sumuran merupakan tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa dan dikonsultasikan kepada Direksi Pekerjaan maupun Pengawas yang ada di lapangan.
- e. Semua Tower yang menggunakan Fondasi Sumuran dicatat pada Laporan dan *Tower Schedule* sebagai *As Built Drawing*.

4.1.4.5.8 Pekerjaan Tambah/Kurang Sumuran

Apabila dalam pelaksanaan pekerjaan terdapat perubahan pekerjaan yang tidak sesuai dengan dokumen kontrak, maka Penyedia Barang/Jasa diminta untuk melaporkan kepada Direksi Pekerjaan. Penambahan Sumuran dapat dilakukan apabila didalam perhitungan Sumuran di atas diketahui bahwa Sumuran tersebut mempunyai kapasitas beban lebih kecil dari pada beban *ultimate design*.

4.1.4.5.9 Pekerjaan Beton Cap

- a. Beton cap dilaksanakan setelah pekerjaan pemancangan seluruh pile selesai dilaksanakan.
- b. Dasar pile cap ditentukan sesuai gambar atau petunjuk dari Direksi Pekerjaan, yang mana pile cap harus tertanam di dalam tanah sesuai dengan gambar.
- c. Mutu beton yang dipergunakan untuk pile cap adalah K.225 dengan mutu baja U.32.

- d. Setelah beton Sumuran Selesai sesuai dengan rencana maka tahap berikutnya adalah penggalian tanah dan pemasangan stake besi pada Sumuran bagian atas seperti gambar kerja yang sudah disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- e. Selama pekerjaan penggalian tanah apabila diperlukan turap & pompa air maka biaya pekerjaan ini menjadi tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa bersangkutan yang telah diperhitungkan dalam kontrak.

4.1.5 Persyaratan yang harus dipenuhi

Pekerjaan Fondasi ini harus memenuhi Syarat yang berkaitan dengan pemasangan serta kegiatan Formation Level, Stub Setting, Earthing Device, Counter Poise dan Test Tahanan Tanah yang harus dilaksanakan dalam tahapan pekerjaan Fondasi dan merupakan tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa yang termasuk dalam kontrak ini.

4.1.6 Setting dan Kelengkapan Fondasi

4.1.6.1 Formation Level & Penambahan Dasar Fondasi

- a. Perletakan Fondasi pada tiap-tiap tapak tower (TIP), akan selalu mengikuti kondisi topografi dan kualitas tanah setempat, sehingga kemungkinan bisa menyebabkan perubahan formation level, penambahan kaki tower (leg extension) pada sisi tertentu dan/atau penggunaan dinding penahan tanah serta penambahan kedalaman dasar Fondasi.
- b. *Formation level* rencana dihitung dari top elevasi dari patok TIP tower yang ada dilapangan.
- c. Penentuan *formation level* (FL) untuk Fondasi tower telah dicantumkan dalam daftar yang terdapat dalam lampiran.
- d. Sesuai kondisi dilapangan, formation level dapat berubah atas petunjuk dan persetujuan direksi.
- e. Pada TIP tertentu sesuai kondisi kualitas tanah setempat, dasar Fondasi dari tipe standar akan mengalami penambahan kedalaman. Untuk hal ini Penyedia Barang/Jasa harus memperdalam dasar Fondasi sampai kedalaman yang ditentukan.

4.1.6.2 Stub Setting (Penyetelan Kaki Tower)

- a. Stub ditempatkan pada kedudukan dan ketinggian yang tepat sesuai gambar dengan memakai template pengatur stub, atau cara lain yang telah mendapat persetujuan direksi.
- b. Batas toleransi penempatan stub:
 - Maximum kemiringan harus lebih kecil $1/360$ terhadap ketinggian.
 - Sesaat sebelum dilakukan pengecoran Fondasi, jarak dan ketinggian harus diperiksa kembali.
- c. Beton penyangga/pengatur stub ukuran 20 cm x 20 cm x 20 cm dengan campuran 1pc : 1 1/2 ps : 2 1/2 kr dan harus mencapai kekerasan beton K.225 serta harus dibuat cukup kasar untuk menjamin perpaduan yang baik dengan Fondasi beton.
- d. Untuk keperluan naik dan turun ke lubang galian pada pelaksanaan pekerjaan digunakan tangga atau trap-trap dari galian itu sendiri. Tidak diperkenankan naik atau turun ke lubang galian melalui stub, agar tidak terjadi penggeseran dan penekanan maupun pengotoran stub.

4.1.7 Earthing Device da Counter Poise

4.1.7.1 Earthing Device

- a. Earthing Device yang dipasang tertanam dalam tanah, di bagian bawah stub Fondasi tower dengan menggunakan kawat tembaga BC 70 mm² (panjang minimal 1.5 meter) dan Device Besi Siku Galvanis 50.50.4 mm panjang 1 meter.
- b. Pada pemasangan earthing device yaitu kawat BC dimasukkan kedalam pipa dia 2 inch yang telah disiapkan pada pekerjaan Fondasi, sehingga aman terhadap pencurian.
- c. Seluruh Material Earthing Device disediakan Penyedia Barang/Jasa.

4.1.7.2 Counter Poise

- a. Pemasangan Counter Poise akan dilaksanakan apabila hasil tes tahanan tanah pada kaki Fondasi belum mencapai 10 ohm atau sesuai persyaratan yang ditentukan dalam PUIL 2007.
- b. Hasil akhir dari tes tahanan pentanahan harus dilaporkan secara resmi ke Direksi Pekerjaan.
- c. Apabila harus dipasang material Counter Poise maka material dan pemasangannya merupakan tanggung jawab Penyedia Barang/Jasa.
- d. Apabila pemasangan tidak perlu dilakukan maka biaya pemasangan *Counter Poise* yang ada dalam BoQ akan dilakukan kerja kurang, tetapi biaya pengukuran tetap akan dibayarkan sesuai pelaksanaan di lapangan.

4.1.7.3 Pengukuran Tahanan Pentanahan

- a. Penyedia Barang/Jasa wajib melakukan tes tahanan pada setiap Tower dan dibuat Berita Acara yang disahkan oleh Direksi Pekerjaan.
- b. Penyedia Barang/Jasa melakukan Pengukuran Tahanan Pentanahan pada setiap tower dan membuat daftar hasil pengukuran.
- c. Apabila hasil pengukuran tahanan pentanahan $> 10 \Omega$ maka wajib menambahkan *Counter poise*.
- d. Penyedia Barang/Jasa wajib membuat daftar keseluruhan hasil pengukuran pentanahan setiap tower sebelum dan sesudah dipasang *Counter Poise*.

4.1.8 Dinding Penahan

4.1.8.1 Lingkup Pekerjaan

Melaksanakan pekerjaan pembuatan Dinding Penahan adalah mencakup penyediaan bahan batu kali/belah, yang dilengkapi lubang drainase (*drainage hole*) berdasarkan gambar dan syarat-syarat pelaksanaan/bestek atau petunjuk-petunjuk dari Direksi Pekerjaan termasuk penyediaan; bahan-bahan dan pengolahannya, tenaga kerja, alat-alat bantu lainnya.

4.1.8.2 Uraian Teknis

Sebelum pelaksanaan pembuatan Dinding Penahan Tanah terlebih dahulu diadakan pengukuran/pengecekan kembali, tentang lokasi, posisi, bentuk dan elevasi tinggi rencana terhadap kondisi tanah dan bangunan lainnya.

4.1.8.3 Dinding Penahan Tanah

Pekerjaan dinding penahan tanah meliputi pekerjaan galian tanah, urugan/timbunan kembali bekas galian dan perataan sekitar area dinding penahan tanah termasuk pematatannya, pasangan batu/belah/kali, pemasangan drainase (pipa suling) dan filter, pekerjaan siar dan plesteran.

- a. Dinding penahan tanah terbuat dari pasangan batu belah/kali sesuai dengan gambar.
- b. Pekerjaan siar dibuat pada bagian permukaan dinding penahan yang tampak.
- c. Pekerjaan plesteran dibuat pada puncak pasangan dengan ketebalan plesteran ± 1.5 cm.
- d. Lubang Drainase (Drainage hole) Menggunakan pipa PVC 1.5" dipasangan jarak 1.5 m² luas.
- e. Dinding Penahan tanah terbuat dari beton bertulang.

Semua jenis dinding penahan tanah harus diperhitungkan terlebih dahulu berdasarkan parameter tanah.

4.1.8.4 Bahan dan Peralatan

4.1.8.4.1 Umum

- a. Galian tanah atau batuan dilakukan untuk pemasangan dinding penahan.
- b. Urugan kembali dan pematatannya dilakukan setelah pemasangan batu kali selesai.
- c. Galian untuk batuan keras di upayakan menggunakan peralatan kerja yang tidak merusak lingkungan (misalnya Jack Hummer, Giant Hummer, Linggis, dll).

4.1.8.4.2 Bahan

- a. Untuk urugan pasir dipakai pasir urug yang bersih sesuai Syarat Teknis Kualitas Bahan Bangunan.

- b. Untuk urugan kembali dipergunakan tanah bekas galian yang harus bebas dari humus, kotoran/sampah dll.
- c. Batu belah/kali sebagai bahan pengisi utama sesuai dengan Syarat Teknis Kualitas Bahan Bangunan tentang kekerasannya.
- d. Pasir untuk campuran adukan untuk pasangan harus terdiri dari pasir yang bersih sesuai Syarat Teknis Kualitas Bahan Bangunan.
- e. Semen/PC harus memenuhi Syarat Teknis Kualitas Bahan Bangunan yang dijelaskan pada poin 4.
- f. Pipa PVC 1.5” untuk pembuangan air/lubang drainase
- g. Ijuk dengan kualitas yang baik untuk Filter.
- h. Air untuk adukan memenuhi Syarat Teknis Kualitas Bahan Bangunan.

4.1.8.4.3 Peralatan

- a. Alat-alat gali batuan (*Jack Hammer, Giant Hammer*) dan alat-alat gali sederhana.
- b. Alat ukur optis (*waterpass*)
- c. Alat-alat bantu lainnya
- d. Pompa air untuk dewatering bila diperlukan.

4.1.8.5 Pelaksanaan Dinding Penahan

4.1.8.5.1 Galian

- a. Sebelum pekerjaan galian dimulai, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dan pemasangan patok-patok dan profil (*bowplank*) untuk menentukan letak dinding penahan. Pengukuran dilakukan dengan alat ukur optis.
- b. Pengupasan dan pembuangan lapisan humus (*land clearing*) ditempat yang di tunjukkan oleh Direksi/Pengawas pekerjaan.
- c. Galian dibuat tepat sesuai rencana agar didapat kemiringan talud yang tepat.
- d. Kemiringan galian untuk dasar dinding penahan dibuat sesuai dengan gambar atau atas petunjuk Direksi/ Pengawas pekerjaan.
- e. Tanah galian harus ditumpuk dengan rapi sepanjang sisi luar galian dan dijaga agar tidak longsor.

- f. Tanah bekas galian dapat dipergunakan untuk urugan kembali atau sesuai petunjuk Direksi/Pengawas pekerjaan.
- g. Sisa tanah galian harus dibuang ke tempat yang ditentukan Direksi/Pengawas Pekerjaan.
- h. Dasar galian yang telah dicapai sesuai rencana, diurug dengan pasir urug sesuai dengan gambar atau petunjuk Direksi Pekerjaan.

4.1.8.5.2 Pasangan Batu Kali (Konstruksi)

- a. Pasangan batu belah/kali dibuat dengan adukan 1 pc : 4 ps.
- b. Ukuran, kemiringan dan ketebalan sesuai dengan gambar rencana.
- c. Pada waktu pelaksanaan pemasangan batu belah/kali; harus dibasahi sehingga adukan dapat melekat sempurna.
- d. Pasangan batu belah/kali harus terisi adukan dan adukan dipadatkan dengan baik sehingga tidak terdapat rongga-rongga diantara batu belah/kali satu dengan yang lainnya..
- e. Pasangan batu belah/kali/yang tampak dari luar diberi siar dengan adukan 1pc : 4ps, pekerjaan ini dimaksud untuk menutup celah- celah batu kali sampai rapat betul.
- f. Siar dibuat rata dengan muka batu kali dan membentuk motif batuan yang rapi.
- g. Pada puncak-puncak pasangan batu kali/belah yang rata dengan permukaan tanah harus diberi plesteran selebar pasangan dan berles 10 cm dengan tebal minimal 1,5 cm ke bawah dan masing-masing sisi yang membentuk sudut pada pasangan batu belah/kali harus diberi plesteran berles selebar 10 cm dengan tebal minimal 1,5 cm sampai kebawah 20 cm dari batas urugan/timbunan (plesteran dibuat dengan adukan 1 pc:4 ps. Pekerjaan ini harus dibuat rata dan rapi utamanya pada pinggir-pinggir les.
- h. Cetakan bambu atau bahan lain (pelepah pisang) diameter 5 cm untuk lubang drainase, dipasang minimal 1 (satu) lubang setiap 1 (satu) m² dan diberi Saringan (*Filter*) dengan Ijuk dan Batu Kerikil sesuai gambar kerja atau petunjuk pengawas di lapangan.

4.1.8.6 Land Clearing

- a. Pekerjaan *Land Clearing* adalah pembersihan lapangan atau area yang akan dikerjakan agar diperoleh kondisi lahan yang bersih dan siap digarap untuk pekerjaan selanjutnya.
- b. *Land Clearing* meliputi pembersihan humus, ilalang, rumput-rumputan dengan ketebalan 30 cm dan semua jenis pohon yang ada di area pekerjaan.
- c. Dalam pekerjaan ini disamping pembersihan juga membuang hasil *land clearing* ke tempat pembuangan atau atas pengawas pekerjaan.

4.1.8.7 Urugan/Timbunan Dan Perataan Tanah Sekitar

- a. Tanah urugan/timbunan yang dipergunakan harus memenuhi Syarat Teknis Kualitas Bahan Bangunan yang dijelaskan pada poin 1 atau atas persetujuan Direksi/Pengawas pekerjaan.
- b. Melaksanakan pekerjaan urugan/timbunan pada sisi bekas galian dan sekitarnya termasuk menambah bahan tanah urugan/timbunan yang berasal dari tempat lain yang harus disetujui oleh Direksi/Pengawas pekerjaan apabila diperlukan.
- c. Pembentukan urugan/timbunan dan perataan tanah harus atas petunjuk Direksi/Pengawas pekerjaan
- d. Dalam melaksanakan perataan dihindarkan penimbunan dari bahan yang mudah membusuk atau lapuk
- e. Semua biaya yang terdapat dalam pekerjaan perataan ini sudah termasuk dalam harga penawaran pekerjaan tersebut di atas.

4.2 Anggaran Biaya

4.2.1 Harga 1 Unit Fondasi Tower Tipe BB kelas 7

Tabel 4.2 Anggaran Biaya 1 Unit Fondasi Tower Tipe BB Kelas 7

Kode Analisa	Koefisien	Satuan	Uraian	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Bahan				
	1.00	Ls	Pembersihan lapangan & Perataan tanah	2,148,595	2,148,595
	1.00	Ls	Pengangkutan material Fondasi ke lokasi tower + stub	16,310,063	16,310,063
	1.00	Ls	Pekerjaan Bowplank	5,677,110	5,677,110
	216.58	M3	Galian tanah	101,228	21,923,652
	9.22	M3	Urugan pasir bawah Fondasi	233,971	2,156,276
	145.94	M3	Tumbunan Kembali	101,228	14,773,685
	9.22	M3	Beton lantai kerja 1 : 3 : 5	1,114,414	10,270,438
	24.64	M2	Bekisting	349,775	8,618,459
	5,153.26	Kg	Besi tulangan	28,474	146,735,476
	52.20	M3	Beton K225	1,432,704	74,787,162
	1.00	Set	Setting stub tower suspension	641,884	641,884
	1.00	Set	Pengadaan & Pemasangan Earthing Device	722,215	722,215
1.00	Set	Pengujian Grounding	280,787	280,787	
1.00	Ls	Tes kubus 15x15x15 cm3	1,382,089	1,382,089	
B	Jumlah				304,279,296
C	ROK (Risiko, Overhead Cost dan Keuntungan)			0%	-
D	Harga Satuan (B+C)				304,279,296

4.3 Perhitungan Stabilitas Fondasi

4.3.1 Karakteristik Material

Tabel 4.3 Karakteristik Material

Kelas Fondasi	Kelas 7	Clay
Daya Dukung Ijin, q_{all}	0.70	kg/cm ²
	68.67	kN/m ²
Sudut Frustum Tanah, Ψ	0.00	deg
Berat Jenis Tanah (Kering), γ_{ds}	950.00	kg/m ³
	9.31	kN/m ³
Berat Jenis Tanah (Basah), γ_{ws}	950.00	kg/m ³
	9.31	kN/m ³
Berat Jenis Beton (Kering), γ_{dc}	1400.00	kg/m ³
	13.72	kN/m ³
Berat Jenis Beton (Basah), γ_{wc}	1400.00	kg/m ³
	13.72	kN/m ³
Mutu Beton, K-225	186.75	kg/cm ²
	18.32	MPa
Tegangan Leleh Baja BJTS 420B, f_{y1}	420.00	MPa
Tegangan Leleh Baja BJTS 280, f_{y2}	280.00	MPa

4.3.2 Data Tower

Lebar Kaki Tower L1 = 7.3067

Kemiringan Kaki Tower Terhadap Horizontal σ = 83.2553

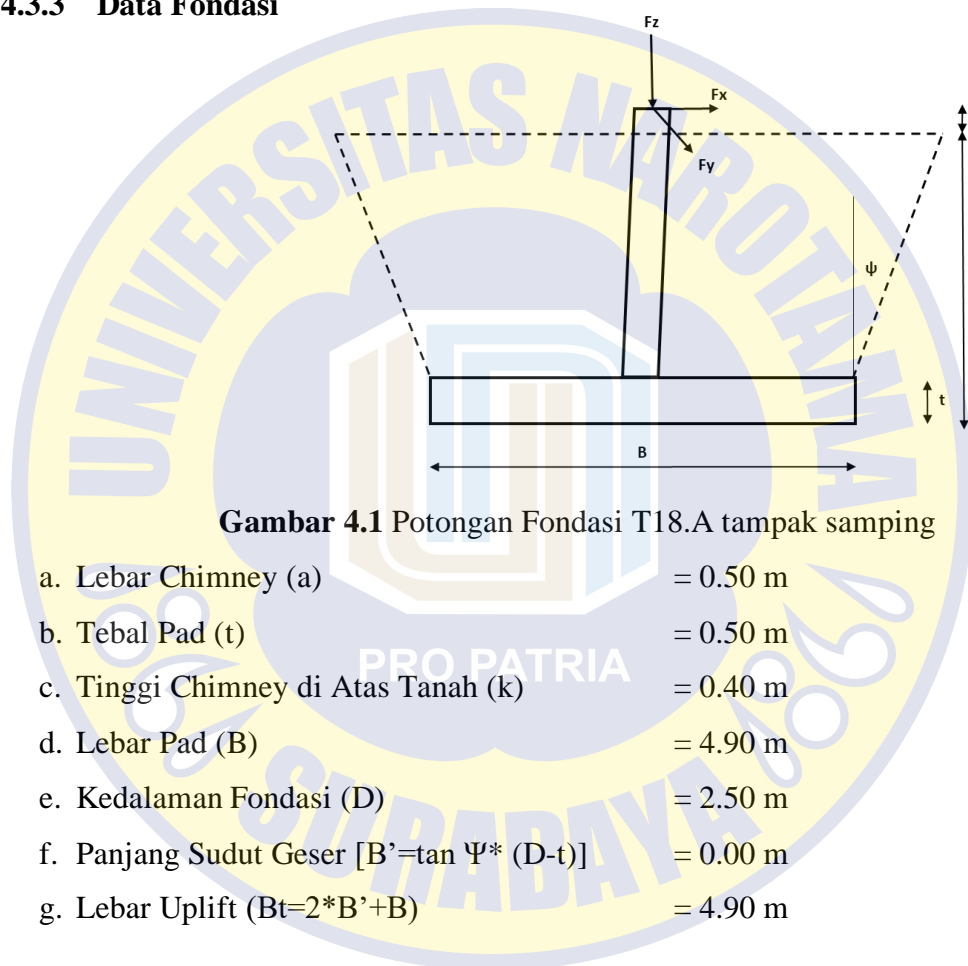
Reaksi Tower Pada Top Chimney

Tabel 4.4 Data *Vertical & Battered Load*

Vertikal Load					
Compress	Fvc =	46526.34	kg	456.23	kN
	Hxc =	3414.29	kg	33.48	kN
	Hyc =	5364.148	kg	52.60	kN
Uplift	Fvu =	39953.72	kg	391.78	kN
	Hxu =	4058.804	kg	39.80	kN
	Hyu =	3460.181	kg	33.93	kN

Battered Load					
Compress	Fvc =	46933.24	kg	460.22	kN
	Hxc =	486.4446	kg	4.77	kN
	Hyc =	1466.472	kg	14.38	kN
Uplift	Fvu =	40301.48	kg	395.19	kN
	Hxu =	712.8402	kg	6.99	kN
	Hyu =	117.277	kg	1.15	kN

4.3.3 Data Fondasi



Gambar 4.1 Potongan Fondasi T18.A tampak samping

- a. Lebar Chimney (a) = 0.50 m
- b. Tebal Pad (t) = 0.50 m
- c. Tinggi Chimney di Atas Tanah (k) = 0.40 m
- d. Lebar Pad (B) = 4.90 m
- e. Kedalaman Fondasi (D) = 2.50 m
- f. Panjang Sudut Geser [$B' = \tan \Psi * (D-t)$] = 0.00 m
- g. Lebar Uplift ($Bt = 2*B' + B$) = 4.90 m

4.3.4 Perhitungan Berat Material

a. Volume Chimney

$$\begin{aligned}V_c &= a^2 \cdot D \\ &= 0.63 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Volume Chimney Tertanam

$$\begin{aligned}V_{c'} &= V_c - (a^2 \cdot k) \\ &= 0.53 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Volume Pad Fondasi

$$\begin{aligned}V_p &= B^2 \cdot t \\ &= 12.01 \text{ m}^3\end{aligned}$$

d. Berat Beton Total

$$\begin{aligned}V_t &= V_p + V_c \\ &= 12.63 \text{ m}^3\end{aligned}$$

e. Volume Tanah

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{1}{3} (D - t) (B^2 + \sqrt{B^2 \cdot Bt^2} + Bt^2) - V_{c'} \\ &= 47.50 \text{ m}^3\end{aligned}$$

f. Berat Beton Total

$$\begin{aligned}W_t &= V_t \cdot \gamma_{dc} \\ &= 173.28 \text{ kN}\end{aligned}$$

g. Berat Beton Total (Uplift)

$$\begin{aligned}W_{t'} &= V_{t'} \cdot \gamma_{wc} \\ &= 173.28 \text{ kN}\end{aligned}$$

h. Berat Tanah

$$\begin{aligned}W_s &= V_s \cdot \gamma_{ds} \\ &= 442.18\end{aligned}$$

i. Berat Tanah (Uplift)

$$\begin{aligned}W_{s'} &= V_s \cdot \gamma_{ws} \\ &= 442.18 \text{ kN}\end{aligned}$$

4.3.5 Kriteria Kapasitas Daya Dukung

a. Total Gaya Tekan

$$\begin{aligned} P_c &= F_{vc} + W_t \\ &= 629.51 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Gaya Horizontal Arah x

$$H_{xc} = 33.48 \text{ kN}$$

c. Gaya Horizontal Arah y

$$H_{yc} = 52.60 \text{ kN}$$

d. Momen Arah x

$$\begin{aligned} M_{xc} &= [H_{xc} \cdot (D + k)] - [P_c \cdot (D + k) / \tan \alpha] \\ &= 118.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

e. Momen Arah y

$$\begin{aligned} M_{yc} &= [H_{yc} \cdot (D + k)] - [P_c \cdot (D + k) / \tan \alpha] \\ &= 63.36 \text{ kN} \end{aligned}$$

f. Eksentrisitas Ijin

$$\begin{aligned} e &= \frac{1}{6} B \\ &= 0.82 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Eksentrisitas Arah x

$$\begin{aligned} e_x &= \frac{M_{xc}}{P_c} \\ &= 0.19 \text{ m} \end{aligned}$$

$$e_x < e \dots\dots\dots \text{AMAN}$$

h. Eksentrisitas Arah y

$$\begin{aligned} e_y &= \frac{M_{yc}}{P_c} \\ &= 0.10 \end{aligned}$$

$$e_y < e \dots\dots\dots \text{AMAN}$$

i. Tekanan Pada Dasar Fondasi

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{P_c}{B^2} \left(1 + 6 \frac{e_x}{B} + 6 \frac{e_y}{B} \right) \\ &= 35.51 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_2 = \frac{Pc}{B^2} \left(1 + 6 \frac{ex}{B} - 6 \frac{ey}{B} \right)$$

$$= 29.05 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3 = \frac{Pc}{B^2} \left(1 - 6 \frac{ex}{B} + 6 \frac{ey}{B} \right)$$

$$= 23.39 \text{ kN/m}^2$$

$$q_4 = \frac{Pc}{B^2} \left(1 - 6 \frac{ex}{B} - 6 \frac{ey}{B} \right)$$

$$= 16.93 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{all}} = 68.67 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{max}} = 35.51 \text{ kN/m}^2$$

Tekanan Pada Dasar Fondasi Lebih Dari Daya Dukung Ijin.....AMAN

$$q_{\text{min}} = 16.93 \text{ kN/m}^2$$

Tekanan Pada Dasar Fondasi Lebih Dari Daya Dukung Ijin.....AMAN

4.3.6 Kriteria Kapasitas Tarik (Uplift)

- a. Berat Beton Total (Uplift)

$$Wt' = 173.28 \text{ kN}$$

- b. Berat Tanah (Uplift)

$$Ws' = 442.18 \text{ kN}$$

- c. Berat Total Melawan Uplift

$$W_{\text{tot}} = Wt' + Ws'$$

$$= 615.46 \text{ kN}$$

- d. Gaya Tarik (Uplift)

$$Fvu = 391.78 \text{ kN}$$

- e. Ketahanan Fondasi Terhadap Pengangkatan/Tarik (Uplift)

(SNI 8460 - 2017 Pasal 9.3.3)

$$SFu = 1.50$$

- f. Ketahanan Pengangkatan/Tarik (Uplift)

$$SFu = \frac{W_{\text{tot}}}{Fvu}$$

$$= 1.57$$

$$SFu > 1.50 \text{AMAN}$$

4.3.7 Kriteria Momen Guling (Overturning)

4.3.7.1 Kondisi Tekan

- a. Berat Beton Total

$$W_t = 173.28 \text{ kN}$$

- b. Berat Tanah

$$\begin{aligned} W_{sc} &= \gamma_{ds} \cdot (B^2 - a^2) \cdot (D - t) \\ &= 442.41 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Berat Total Melawan Guling

$$\begin{aligned} W_{tc} &= W_t + W_{sc} \\ &= 615.69 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Gaya Tekan

$$F_{vc} = 456.23 \text{ kN}$$

- e. Momen Akibat Tekan Arah x

$$\begin{aligned} M_{xc} &= H_{xc} \cdot (D + k) \\ &= 97.09 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- f. Momen Akibat Tekan Arah y

$$\begin{aligned} M_{yc} &= H_{yc} \cdot (D + k) \\ &= 152.54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- g. Ketahanan Fondasi Terhadap Guling (Overturning)

(SNI 8460 - 2017 Pasal 9.3.3)

$$SF_o = 2.00$$

- h. Ketahanan Fondasi Terhadap Guling

$$\begin{aligned} SF_o &= \frac{0.5B \cdot (W_{tc} + F_{vc})}{M_{max}} \\ &= 17.22 \end{aligned}$$

$$SF_o > 2.00 \text{AMAN}$$

4.3.7.2 Kondisi Tarik (Uplift)

- a. Berat Beton Total (Uplift)

$$Wt' = 173.28 \text{ kN}$$

- b. Berat Tanah (Uplift)

$$Ws' = 442.18 \text{ kN}$$

- c. Berat Total Melawan Guling

$$\begin{aligned} Wtu &= Wt' + Ws' \\ &= 615.46 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Total Gaya Tekan

$$Fvu = 391.78 \text{ kN}$$

- e. Tekanan Tanah

$$\begin{aligned} Ts &= 0.5 \cdot \gamma_{ws} \cdot D^2 \cdot a \cdot Ke \cdot \frac{D}{3} \\ &= 33.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

- f. Momen Akibat Tekan Arah x

$$\begin{aligned} Mxu &= Hxu \cdot (D + k) \\ &= 115.42 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- g. Momen Akibat Tekan Arah y

$$\begin{aligned} Myu &= Hyu \cdot (D + k) \\ &= 98.40 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- h. Ketahanan Fondasi Terhadap Guling (Overturning)

$$\begin{aligned} SFo &= 2.00 \\ &(\text{SNI 8460 - 2017 Pasal 9.3.3}) \end{aligned}$$

- i. Ketahanan Fondasi Terhadap Guling

$$\begin{aligned} SFo &= [0.5B \cdot (Wtu - Fvu)] + \frac{Ts}{Mmax} \\ &= 5.04 \end{aligned}$$

$$SFo > 2.00 \dots\dots\dots \text{AMAN}$$

4.3.8 Kriteria Tahanan Geser (Sliding)

- a. Tekanan Overbuden (per meter kedalaman)

$$\sigma_{ov} = 0.16 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Tekanan Konus (Tanah *Clay*)

$$\begin{aligned} q_c &= (1.5 \cdot N_k \cdot q_{all}) + (\sigma_{ov} \cdot D) \\ &= 13 \end{aligned}$$

$$N_k = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{q_c}{\sigma_{ov}} = 187.50$$

- c. Sudut Geser

$$\begin{aligned} \theta_{av} &= \tan\left[1 + 0.38 \cdot \log\left(\frac{q_c}{\sigma_{ov}}\right)\right] \\ &= 61.78 \text{ deg} \end{aligned}$$

- d. Sudut Geser Efektif,

$$\begin{aligned} \theta &= 0.5 \theta_{av} \\ &= 30.89 \text{ deg} \end{aligned}$$

- e. Adhesi Efektif Antara Beton Dengan Tanah,

$$\begin{aligned} C_a &= 0.5 S_u = \frac{q_{all}}{4} \\ &= 17.17 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- f. Koefisien Tekanan Tanah Aktif,

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \\ &= 0.32 \end{aligned}$$

- g. Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} \\ &= 3.11 \end{aligned}$$

- h. Tekanan Tanah Efektif,

$$\begin{aligned} K_e &= K_p - K_a \\ &= 2.79 \end{aligned}$$

4.3.8.1 Kondisi Tekan

- a. Berat Beton Total,

$$W_t = 173.28 \text{ kN}$$

- b. Berat Tanah,

$$\begin{aligned} W_{sc} &= \gamma ds. (B^2 - a^2). (D - t) \\ &= 442.41 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Berat Total Melawan Guling

$$\begin{aligned} W_{tc} &= W_t + W_{sc} \\ &= 615.69 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Gaya Horizontal Arah x

$$H_{xc} = 33.48 \text{ kN}$$

- e. Gaya Horizontal Arah y

$$H_{yc} = 52.60 \text{ kN}$$

- f. Gaya Tekan

$$F_{vc} = 456.23 \text{ kN}$$

- g. Resultan Gaya Horizontal

$$\begin{aligned} H_{rc} &= \sqrt{(H_{xc}^2 + H_{yc}^2)} \\ &= 62.35 \text{ kN} \end{aligned}$$

- h. Ketahanan Fondasi Terhadap Geser (Sliding)

$$SF_s = 1.50$$

(SNI 8460 - 2017 Pasal 9.3.3)

- i. Ketahanan Geser

$$\begin{aligned} SF_s &= (Ca. B^2) + \frac{(W_{tc} + F_{vc}).\tan \theta}{H_{rc}} \\ &= 16.90 \end{aligned}$$

$$SF_s > 1.50 \dots\dots\dots \text{AMAN}$$

4.3.8.2 Kondisi Tarik (Uplift)

- a. Berat Beton Total (Uplift)

$$Wt' = 173.28 \text{ kN}$$

- b. Berat Tanah (Uplift)

$$Ws' = 442.18 \text{ kN}$$

- c. Berat Total Melawan Geser

$$\begin{aligned} Wtu &= Wt' + Ws' \\ &= 615.46 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Gaya Tarik

$$Fvu = 391.78 \text{ kN}$$

- e. Gaya Horizontal Arah x

$$Hxu = 39.80 \text{ kN}$$

- f. Gaya Horizontal Arah y

$$Hyu = 33.93 \text{ kN}$$

- g. Resultan Gaya Horizontal

$$\begin{aligned} Hru &= \sqrt{(Hxu^2 + Hyu^2)} \\ &= 52.30 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- h. Tekanan Tanah

$$\begin{aligned} Ts &= 0.5 \gamma ws \cdot D^2 \cdot a \cdot Ke \cdot \frac{D}{3} \\ &= 33.81 \text{ kN} \end{aligned}$$

- i. Ketahanan Fondasi Terhadap Geser (Sliding)

$$\begin{aligned} SFs &= 1.50 \\ &(\text{SNI 8460 - 2017 Pasal 9.3.3}) \end{aligned}$$

- j. Ketahanan Geser

$$\begin{aligned} SFs &= (Ca \cdot B^2) + ((Wtu - Fvu) \cdot \tan \theta) + \frac{Ts}{Hru} \\ &= 11.09 \end{aligned}$$

$$SFs > 1.50 \text{ AMAN}$$

4.3.9 Penurunan

4.3.9.1 Tanah Berbutir

- a. Tekanan Konus Rata-Rata Dari Dasar Fondasi Sampai Kedalaman 2B

$$\begin{aligned}qc - set &= 42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4120.2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- b. Lebar Pad Pada Dasar Fondasi

$$B = 4.90 \text{ m}$$

- c. Tekanan Fondasi Total,

$$\begin{aligned}\Delta p &= \frac{Pc}{(2.B)^2} \\ &= 6.55 \text{ kN}\end{aligned}$$

- d. Total Penurunan Ijin

(SNI 8460-2017 Ps 9.2.4.3)

$$\begin{aligned}St_{ijin} &= 15 \text{ cm} + \left(\frac{B}{600}\right) \text{ cm} \\ &= 0.016 \text{ m}\end{aligned}$$

- e. Perbedaan Penurunan Ijin

(SNI 8460-2017 Ps 9.2.4.3)

$$\begin{aligned}\Delta S_{ijin} &= \frac{L1}{300} \\ &= 0.024 \text{ m}\end{aligned}$$

- f. Penurunan Ijin

$$St_{ijin} = 0.016 \text{ m}$$

- g. Total Penurunan

$$\begin{aligned}St &= \Delta P \cdot \frac{2B}{2} (qc - set) \\ &= 0.008 \text{ m}\end{aligned}$$

4.3.9.2 Tanah Lempung

- a. Tekanan Konus Rata-Rata Dari Dasar Fondasi Sampai Kedalaman 2B

$$\begin{aligned} q_c\text{-set} &= 42 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4120.2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Kedalaman Fondasi

$$D = 2.50 \text{ m}$$

- c. Lebar Pad Pada Dasar Fondasi

$$B = 4.90 \text{ m}$$

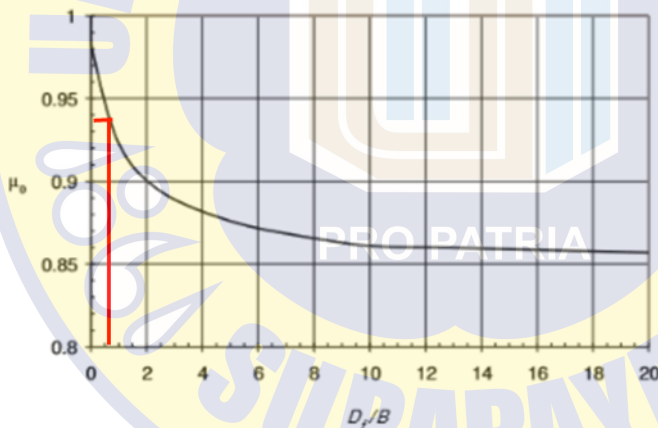
$$D/B = 0.51 \text{ m}$$

- d. Tekanan Fondasi Total

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{P_c}{(2.B)^2} \\ &= 6.55 \text{ kN} \end{aligned}$$

- e. Faktor Pengaruh μ_0

$$\mu_0 = 0.94$$



Gambar 4.2 Hubungan antara Faktor Pengaruh μ_0 dan D_f/B

- f. Tebal Lapisan di Bawah Fondasi

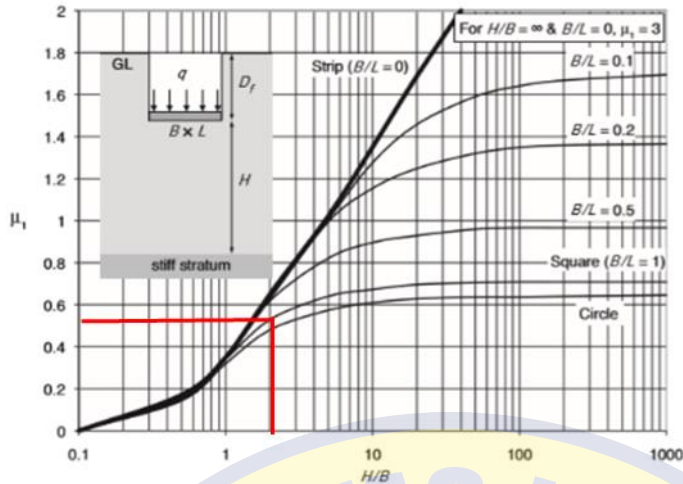
$$H = 2.B = 9.80 \text{ m}$$

$$B/L = \text{Square} = 1$$

$$H/B = 2.00$$

- g. Faktor Pengaruh μ_1

$$\mu_1 = 0.50$$



Gambar 4.3 Hubungan antara Faktor Pengaruh μ_1 dan H/B

h. Total Penurunan Ijin (SNI 8460-2017 Ps 9.2.4.3)

$$\begin{aligned} St \text{ ijin} &= 15 \text{ cm} + \left(\frac{B}{600}\right) \text{ cm} \\ &= 0.016 \text{ m} \end{aligned}$$

i. Perbedaan Penurunan Ijin (SNI 8460-2017 Ps 9.2.4.3)

$$\begin{aligned} \Delta S \text{ ijin} &= \frac{L1}{300} \\ &= 0.024 \text{ m} \end{aligned}$$

j. Penurunan Ijin

$$St \text{ ijin} = 0.016 \text{ m}$$

k. Penurunan Elastik

$$\begin{aligned} Si &= \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot \Delta P \cdot \frac{2B}{2} (qc - set) \\ &= 0.004 \text{ m} \end{aligned}$$

l. Penurunan Konsolidasi

$$\begin{aligned} Sc &= \Delta p \cdot 2B / 5 \cdot qc - set \\ &= 0.003 \text{ m} \end{aligned}$$

m. Total Penurunan

$$\begin{aligned} St &= Si + Sc \\ &= 0.007 \text{ m} \end{aligned}$$

Total Penurunan Yang Terjadi Lebih Kecil Dari Penurunan Ijin

.....AMAN

4.4 Perhitungan Struktur Fondasi

4.4.1 Beban Fondasi

- a. Faktor Pengali = 1.5
- b. Tegangan Tanah Terfaktor Akibat Tekan

(Perhitungan Penulangan Serat Bawah)

$$q_1 = 53.26 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 43.57 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3 = 35.09 \text{ kN/m}^2$$

$$q_4 = 25.39 \text{ kN/m}^2$$

- c. Tegangan Tanah Terfaktor Akibat Tarik (Uplift)

(Perhitungan Penulangan Serat Atas)

$$q_{u1} = 47.81 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u2} = 39.11 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u3} = 31.49 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u4} = 22.79 \text{ kN/m}^2$$

4.4.2 Mutu Material

- a. Mutu Beton

$$f_c' = 18.32 \text{ Mpa}$$

- b. Tegangan Leleh Baja BJTS 420B

$$f_{y1} = 420 \text{ Mpa}$$

- c. Tegangan Leleh Baja BJTS 280

$$f_{y2} = 280 \text{ Mpa}$$

- d. Modulus Elastisitas Baja

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

4.4.3 Kontrol Geser

4.4.3.1 Tinjauan Geser 1 Arah

- a. Analisa Geser Arah x = Arah y Karena Dimensi Fondasi $B_x=B_y$ dan $b_x=b_y$

$$B = 0.50 \text{ m}$$

$$D_f = 2.50 \text{ m}$$

$$B = 4.90 \text{ m}$$

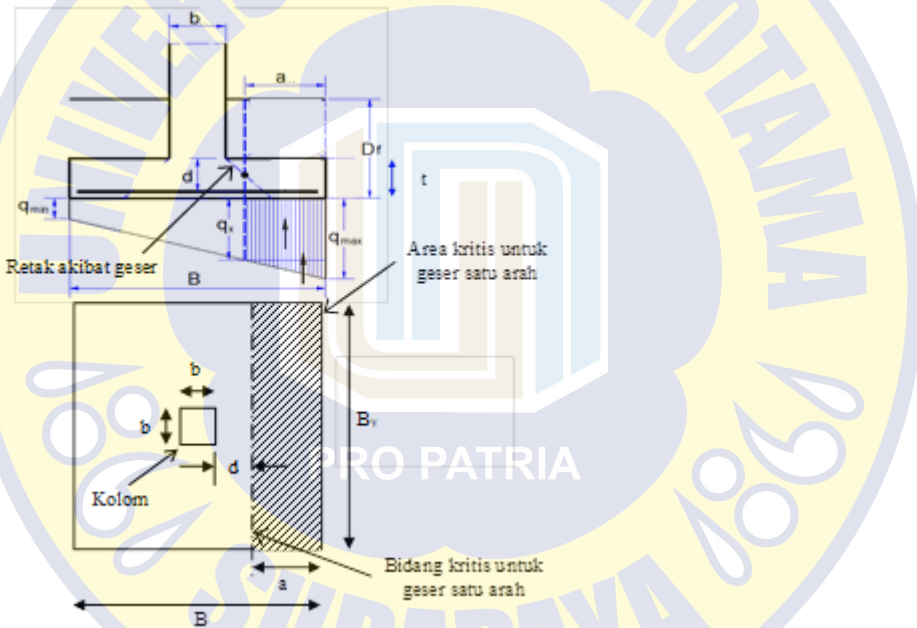
$$t = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Tul. Pad} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tul. Chimney} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 10 \text{ mm}$$



Gambar 4.4 Tinjauan Geser 1 arah

- b. Jarak Pusat Tulangan Terhadap Sisi Luar Beton

$$d' = \text{selimut beton} + 0.5 \varnothing \text{ tulangan}$$
$$= 0.08 \text{ m}$$

- c. Tebal Efektif Fondasi

$$d = t - d'$$
$$= 0.42 \text{ m}$$

d. Jarak Bidang Kritis Terhadap Sisi Luar Fondasi

$$a = \frac{B-b}{2} - d$$
$$= 1.78 \text{ m}$$

e. Tegangan Tanah Pada Bidang Geser Kritis

$$q_x = q_{min} + \frac{B-a}{B} \cdot (q_{max} - q_{min})$$
$$= 33.88 \text{ kN/m}^2$$

f. Lebar Bidang Geser

$$B_y = 4.90 \text{ m}$$

g. Gaya Geser Terfaktor

$$V_u = \left[q_x + \frac{q_{max} - q_x}{2} \right] \cdot a \cdot B_y$$
$$= 232.68 \text{ kN}$$

h. Rasio Sisi Panjang Terhadap Sisi Pendek Kolom

$$\beta = \frac{b_x}{b_y}$$
$$= 1.00$$

i. Kuat Geser Nominal Fondasi Yang Dapat Ditahan Oleh Beton

$$V_c = 0.17 \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot B_y \cdot d$$
$$= 1486.78 \text{ kN}$$

(SNI 2847-2019 Ps 22.5.5.1)

j. Faktor Reduksi Kekuatan Geser

$$\Phi = 0.75$$

(SNI 2847-2019 Ps 21.2.1)

k. Kuat Geser Fondasi

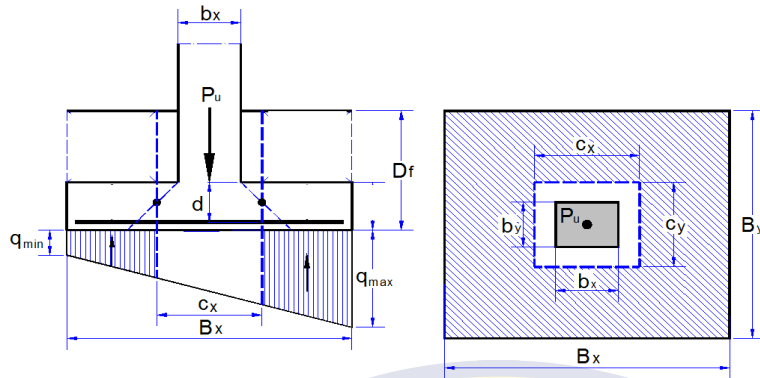
$$\Phi \cdot V_c = 1115.08 \text{ kN}$$

l. Syarat Yang Harus Dipenuhi

$$\Phi \cdot V_c \geq V_u$$
$$1115.08 \geq 232.68 \text{ AMAN}$$

(SNI 2847-2019 Ps 8.5.1.1)

4.4.3.2 Tinjauan Geser 2 Arah



Gambar 4.5 Tinjauan Geser 2 arah

- a. Jarak Pusat Tulangan Terhadap Sisi Luar Beton

$$\begin{aligned} d' &= \text{selimut beton} + 0.5 \varnothing \text{ tulangan} \\ &= 0.08 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. Tebal Efektif Fondasi

$$\begin{aligned} d &= t - d' \\ &= 0.42 \text{ m} \end{aligned}$$

- c. Lebar Bidang Geser Fondasi Arah x

$$\begin{aligned} c_x &= b_x + 2 \cdot d \\ &= 1.33 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. Lebar Bidang Geser Fondasi Arah y

$$\begin{aligned} c_y &= b_y + 2 \cdot d \\ &= 1.33 \text{ m} \end{aligned}$$

- e. Gaya Geser Pons Yang Terjadi

$$\begin{aligned} V_{up} &= (B_x \cdot B_y - c_x \cdot c_y) \cdot \left[\frac{q_{max} + q_{min}}{2} \right] \\ &= 874.28 \text{ kN} \end{aligned}$$

- f. Luas Bidang Geser Fondasi

$$\begin{aligned} A_p &= 2 \cdot (c_x + c_y) \cdot d \\ &= 2.23 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- g. Lebar Bidang Geser Fondasi

$$b_p = 2 \cdot (c_x + c_y)$$

$$= 5.34 \text{ m}$$

h. Rasio Sisi Panjang Terhadap Sisi Pendek Kolom

$$\beta = \frac{bx}{by}$$

$$= 1.00$$

i. Kuat Geser Nominal Fondasi Yang Dapat Ditahan Oleh Beton, Diambil

Dari Nilai Terkecil Dari Pers :

(SNI 2847-2019 Ps 22.6.5.2.a)

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0.33 \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_p \cdot d \\ &= 3142.90 \text{ kN} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2019 Ps 22.6.5.2.b)

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_p \cdot d \\ &= 4857.21 \text{ kN} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2019 Ps 22.6.5.2.c)

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0.083 \left(2 + \frac{as.d}{b_p} \right) \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_p \cdot d \\ &= 2816.48 \text{ kN} \end{aligned}$$

j. Diambil Kuat Geser Fondasi

$$V_c = 2816.48 \text{ kN}$$

k. Faktor Reduksi Kekuatan Geser

(SNI 2847-2019 Ps 21.2.1)

$$\Phi = 0.75$$

l. Kuat Geser Fondasi

$$\Phi \cdot V_c = 2112.36 \text{ kN}$$

m. Syarat Yang Harus Dipenuhi

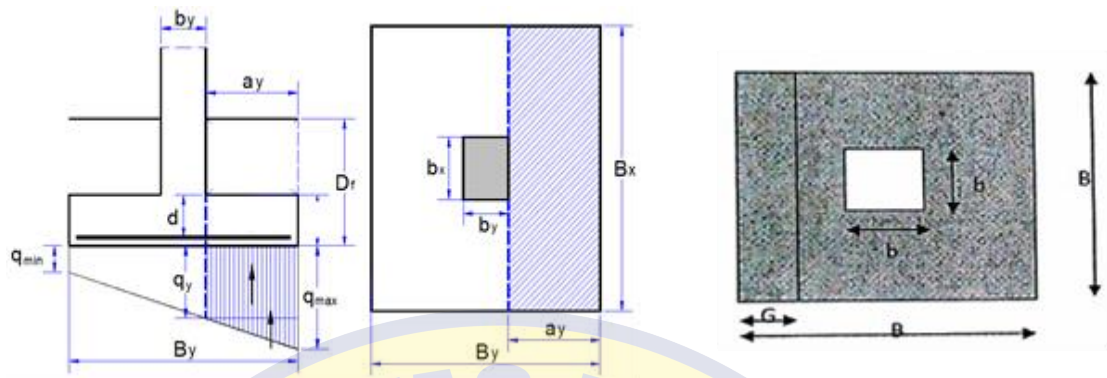
(SNI 2847-2019 Ps 8.5.1.1)

$$\Phi \cdot V_c \geq V_u$$

$$2112.36 \geq 874.28 \text{ AMAN}$$

4.4.4 Penulangan Pad

4.4.4.1 Penulangan Pad Serat Bawah



Gambar 4.6 Penulangan Pad Serat Bawah

- a. Jarak Tepi Kolom Terhadap Sisi Luar Fondasi

$$a_y = \frac{B_y - b_y}{2} = 2.20 \text{ m}$$

- b. Tegangan Tanah Pada Tepi Kolom

$$q_y = q_{min} + \frac{B_y - a_y - b_y}{B_y} \cdot (q_{max} - q_{min}) = 37.91 \text{ kN/m}^2$$

- c. Momen Yang Terjadi Pada Fondasi Akibat Tegangan Tanah

$$M_{uy} = \frac{1}{2} \cdot a_y^2 \left[q_y + \frac{2}{3} (q_{max} - q_y) \right] \cdot B_x = 570.90 \text{ kN.m}$$

- d. Lebar Fondasi Yang Ditinjau

$$B = B_x = B_y = 4900 \text{ mm}$$

- e. Tebal Fondasi

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

- f. Jarak Pusat Tulangan Terhadap Sisi Luar Beton

$$d' = 83 \text{ m}$$

- g. Tebal Efektif Fondasi

$$d = t - d'$$

$$= 417 \text{ m}$$

h. Kuat Tekan Beton

$$f_c' = 18.32 \text{ Mpa}$$

i. Kuat Leleh Baja Tulangan

$$f_{y1} = 420 \text{ Mpa}$$

j. Modulus Elastisitas Baja

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

k. Faktor Distribusi Tegangan Beton

$$\beta_1 = 0.85$$

(SNI 2847-2019 Ps 22.2.2.4.3)

l. Mengatur Kuat Tekan Beton = Kuat Tarik Baja Pada Muka Kolom

$$a = \frac{A_s \cdot f_{y1}}{0.85 \cdot f_c' \cdot B}$$

$$= 0.0055 \cdot A_s$$

m. Faktor Reduksi Kekuatan Momen (SNI 2847-2019 Ps 21.2.1)

$$\Phi = 0.90$$

$$\Phi M_n = M_{uy} = 570900726.99 \text{ N.mm}$$

n. Substitusi Nilai a

$$\Phi M_n = \phi A_s \cdot f_{y1} \cdot \left[d - \frac{a}{2} \right] \rightarrow \phi A_s \cdot f_{y1} \cdot \left[d - \frac{a}{2} \right] - \phi M_n$$

$$= 0.00$$

o. Sehingga Didapat Luas Tulangan

$$A_s = 3712.85 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Minimum Diambil Nilai Terbesar (SNI 2847-2019 Ps 8.6.1.1)

$$A_{s \text{ min}1} = \frac{[0.0018 \times 420]}{f_{y1} \cdot B \cdot d}$$

$$= 3677.94 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}2} = 0.0014 \cdot B \cdot d$$

$$= 2860.62 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 3677.94 \text{ mm}^2$$

p. Luas Tulangan Perlu

$$A_s \text{ min} < A_s$$

$$A_s \text{ perlu} = 3712.85 \text{ mm}^2$$

q. Diameter Tulangan Yang Digunakan

$$D16 = 16 \text{ mm}$$

r. Jarak Tulangan Yang Diperlukan

$$s = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \frac{B}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= 265.35 \text{ mm}$$

s. Jarak Tulangan Yang Digunakan

$$s = 200.00 \text{ mm}$$

t. Digunakan Tulangan

$$= D16 - 200$$

u. Luas Tulangan Terpakai

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{B}{s}$$

$$= 4926.02 \text{ mm}^2$$

4.4.4.1.1 Pengecekan Kontrol Tarik Penampang

- (SNI 2847-2019 Ps 21.2.1a)

$$\epsilon_t = 0.005$$

- (SNI 2847-2019 Ps 22.2.2.4.1)

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= 31.90 \text{ mm}$$

- (SNI 2847-2019 Ps 22.2.2)

$$\epsilon_c = 0.003$$

- $\epsilon_t = \frac{\epsilon_c}{c} (d - c)$

$$= 0.036$$

Terkontrol Tarik > 0.005

4.4.4.1.2 Cek Panjang Penyaluran

- Beton Ringan (SNI 2847-2019 Ps Ps 25.4.2.4 - Beton Normal)

$$\lambda = 1.00$$

- Faktor Pelapis (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.4 - Tidak Dilapisi)

$$\Psi_e = 1.00$$

- Faktor Ukuran (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.4 - $\leq D19$)

$$\Psi_s = 0.80$$

- Faktor Posisi Pengecoran (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.4 - Lainnya)

$$\Psi_t = 1.00$$

- (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.3, tidak boleh > 2.5)

$$\left(cb + \frac{K_{tr}}{db} \right) = 5.19$$

$$\text{digunakan} = 2.50$$

- Diameter Tulangan Pad

$$D_b = 16.00$$

- cb Merupakan Nilai Terkecil Dari :

Jarak Dari Pusat Batang Tulangan Ke Permukaan Beton Terdekat

$$= 83.00$$

Setengah Spasi Pusat ke Pusat Batang Tulangan

$$= 100.00$$

$$cb = 83.00$$

- K_{tr} (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.3)

$$K_{tr} = 0.00$$

- Panjang Penyaluran (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.3a)

$$\ell_d = \left[\left(\frac{f_y}{1.1} \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \right) \cdot \frac{\Psi_e \cdot \Psi_s \cdot \Psi_t}{cb + \frac{K_{tr}}{db}} \right] \cdot db$$

$$= 456.73 \text{ mm}$$

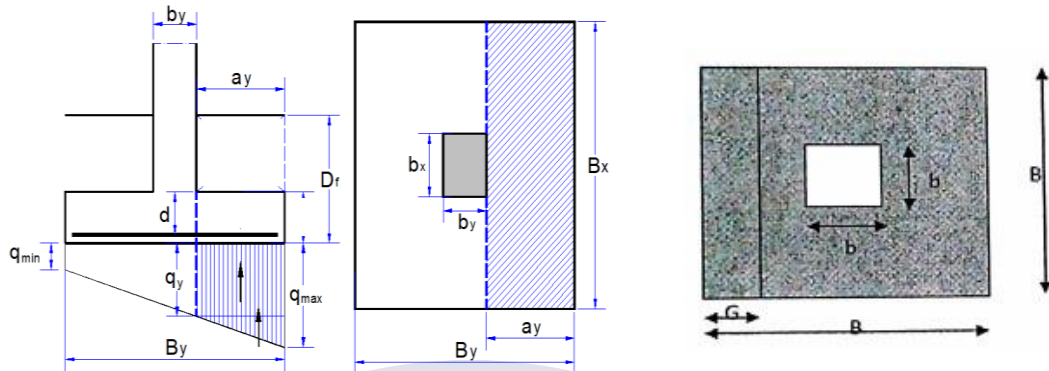
- Panjang Tersedia

$$\ell_d \text{ sedia} = \frac{B-b}{2} - \text{selimut beton}$$

$$= 2125.00 \text{ mm}$$

Panjang Penyaluran Tercukupi

4.4.4.2 Penulangan Pad Serat Atas



Gambar 4.7 Penulangan Pad Serat Atas

- a. Jarak Tepi Kolom Terhadap Sisi Luar Fondasi

$$a_y = \frac{B_y - b_y}{2} = 2.20 \text{ m}$$

- b. Tegangan Tanah Pada Tepi Kolom

$$q_y = q_{min} + \frac{B_y - a_y - b_y}{B_y} \cdot (q_{max} - q_{min}) = 34.03 \text{ kN/m}^2$$

- c. Momen Yang Terjadi Pada Fondasi Akibat Tegangan Tanah

$$M_{uy} = \frac{1}{2} \cdot a_y^2 \left[q_y + \frac{2}{3} (q_{max} - q_y) \right] \cdot B_x = 527.79 \text{ kN.m}$$

- d. Lebar Fondasi Yang Ditinjau

$$B = B_x = B_y = 4900.00 \text{ mm}$$

- e. Tebal Fondasi

$$t = 500.00 \text{ mm}$$

- f. Jarak Pusat Tulangan Terhadap Sisi Luar Beton

$$d' = 83.00 \text{ m}$$

- g. Tebal Efektif Fondasi

$$d = t - d' = 417.00 \text{ m}$$

h. Kuat Tekan Beton

$$f_c' = 18.32 \text{ Mpa}$$

i. Kuat Leleh Baja Tulangan

$$f_{y1} = 420.00 \text{ Mpa}$$

j. Modulus Elastisitas Baja

$$E_s = 200000.00 \text{ Mpa}$$

k. Faktor Distribusi Tegangan Beton (SNI 2847-2019 Ps 22.2.2.4.3)

$$\beta_1 = 0.81$$

l. Mengatur Kuat Tekan Beton = Kuat Tarik Baja Pada Muka Kolom

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_{y1}}{0.85 \cdot f_c' \cdot B} \\ &= 0.0055 \cdot A_s \end{aligned}$$

m. Faktor Reduksi Kekuatan Momen (SNI 2847-2019 Ps 21.2.1)

$$\Phi = 0.90$$

$$\Phi M_n = M_{uy} = 527791293.56 \text{ N.mm}$$

n. Substitusi Nilai a

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= \phi A_s \cdot f_{y1} \cdot \left[d - \frac{a}{2} \right] \rightarrow \phi A_s \cdot f_{y1} \cdot \left[d - \frac{a}{2} \right] - \phi M_n \\ &= 0.00 \end{aligned}$$

o. Sehingga Didapat Luas Tulangan

$$A_s = 3425.84 \text{ mm}^2$$

p. Luas Tulangan Minimum Diambil Nilai Terbesar

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}1} &= \frac{[0.0018 \times 420]}{f_{y1} \cdot B \cdot d} \\ &= 3677.94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}2} &= 0.0014 \cdot B \cdot d \\ &= 2860.62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ min}} = 3677.94 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847-2019 Ps 8.6.1.1)

q. Luas Tulangan Perlu

$$A_{s \text{ min}} > A_s$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 3677.94 \text{ mm}^2$$

r. Diameter Tulangan Yang Digunakan

$$D16 = 16 \text{ mm}$$

s. Jarak Tulangan Yang Diperlukan

$$s = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \frac{B}{As \text{ perlu}}$$
$$= 267.87 \text{ mm}$$

t. Jarak Tulangan Yang Digunakan

$$s = 200.00 \text{ mm}$$

u. Digunakan Tulangan

$$= D16 - 200$$

v. Luas Tulangan Terpakai

$$As \text{ pakai} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{B}{s}$$
$$= 4926.02 \text{ mm}^2$$

4.4.4.2.1 Pengecekan Kontrol Tarik Penampang

- (SNI 2847-2019 Ps 21.2.1a)

$$\epsilon_t = 0.005$$

- (SNI 2847-2019 Ps 22.2.2.4.1)

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= 31.90 \text{ mm}$$

- (SNI 2847-2019 Ps 22.2.2)

$$\epsilon_c = 0.003$$

- $\epsilon_t = \frac{\epsilon_c}{c} (d - c)$

$$= 0.036$$

Terkontrol Tarik > 0.005

4.4.4.2.2 Cek Panjang Penyaluran

- Beton Ringan (SNI 2847-2019 Ps Ps 25.4.2.4 - Beton Normal)

$$\lambda = 1.00$$

- Faktor Pelapis (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.4 - Tidak Dilapisi)

$$\Psi_e = 1.00$$

- Faktor Ukuran (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.4 - $\leq D19$)

$$\Psi_s = 0.80$$

- Faktor Posisi Pengecoran (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.4 - Lainnya)

$$\Psi_t = 1.00$$

- (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.3, tidak boleh > 2.5)

$$\left(cb + \frac{K_{tr}}{db} \right) = 5.19$$

$$\text{digunakan} = 2.50$$

- Diameter Tulangan Pad

$$D_b = 16.00$$

- cb Merupakan Nilai Terkecil Dari :

Jarak Dari Pusat Batang Tulangan Ke Permukaan Beton Terdekat

$$= 83.00$$

Setengah Spasi Pusat ke Pusat Batang Tulangan

$$= 100.00$$

$$cb = 83.00$$

- K_{tr} (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.3)

$$K_{tr} = 0.00$$

- Panjang Penyaluran (SNI 2847-2019 Ps 25.4.2.3a)

$$\ell_d = \left[\left(\frac{f_y}{1.1} \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \right) \cdot \frac{\Psi_e \cdot \Psi_s \cdot \Psi_t}{cb + \frac{K_{tr}}{db}} \right] \cdot db$$

$$= 456.73 \text{ mm}$$

- Panjang Tersedia

$$\ell_d \text{ sedia} = \frac{B-b}{2} - \text{selimut beton}$$

$$= 2125.00 \text{ mm}$$

Panjang Penyaluran Tercukupi

4.4.5 Penulangan Chimney

4.4.5.1 Beban Chimney

a. Faktor Pengali = 1.5

b. Gaya Terfaktor Akibat Tekan

$$F_{vc} = 690.33 \text{ kN}$$

$$H_{xc} = 7.16 \text{ kN}$$

$$H_{yc} = 21.57 \text{ kN}$$

$$M_{xc} = H_{xc} \cdot h \\ = 17.17 \text{ kN.m}$$

$$M_{yc} = H_{yc} \cdot h \\ = 51.77 \text{ kN.m}$$

c. Gaya Terfaktor Akibat Tarik

$$F_{vu} = 592.79 \text{ kN}$$

$$H_{xu} = 10.49 \text{ kN}$$

$$H_{yu} = 1.73 \text{ kN}$$

$$M_{xu} = H_{xu} \cdot h \\ = 25.16 \text{ kN.m}$$

$$M_{yu} = H_{yu} \cdot h \\ = 4.14 \text{ kN.m}$$

4.4.5.2 Dimensi Chimney

a. Kedalaman Galian

$$D = 2.50 \text{ m}$$

b. Tebal Pad

$$t = 0.50 \text{ m}$$

c. Tinggi Chimney Diatas Tanah

$$k = 0.40 \text{ m}$$

d. Tinggi Total Chimney

$$h = (D - t) + k \\ = 2.40 \text{ m}$$

e. Lebar Chimney

$$a = 0.50 \text{ m}$$

f. Selimut Beton = 75 mm

g. Diameter Tulangan

$$d_c = 16 \text{ mm}$$

h. Diameter Sengkang

$$d_s = 10 \text{ mm}$$

i. Tebal Efektif

$$\begin{aligned} d &= a - \text{selimut beton} - d_s - 0.5 d_c \\ &= 0.41 \text{ m} \end{aligned}$$

4.4.5.3 Tulangan Lentur Chimney

a. Kuat Tekan Beton

$$f_c' = 18.32 \text{ Mpa}$$

b. Kuat Leleh Baja Tulangan Utama

$$f_{y1} = 420.00 \text{ Mpa}$$

c. Kuat Leleh Baja Tulangan Sengkang

$$f_{y2} = 280.00 \text{ Mpa}$$

d. Luas Tulangan Chimney Minimum

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0.01 \cdot a^2 \\ &= 2500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e. Luas Tulangan Chimney Maksimum

$$\begin{aligned} A_{s \text{ max}} &= 0.08 \cdot a^2 \\ &= 20000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba :

f. Diameter Tulangan Yang Dipakai

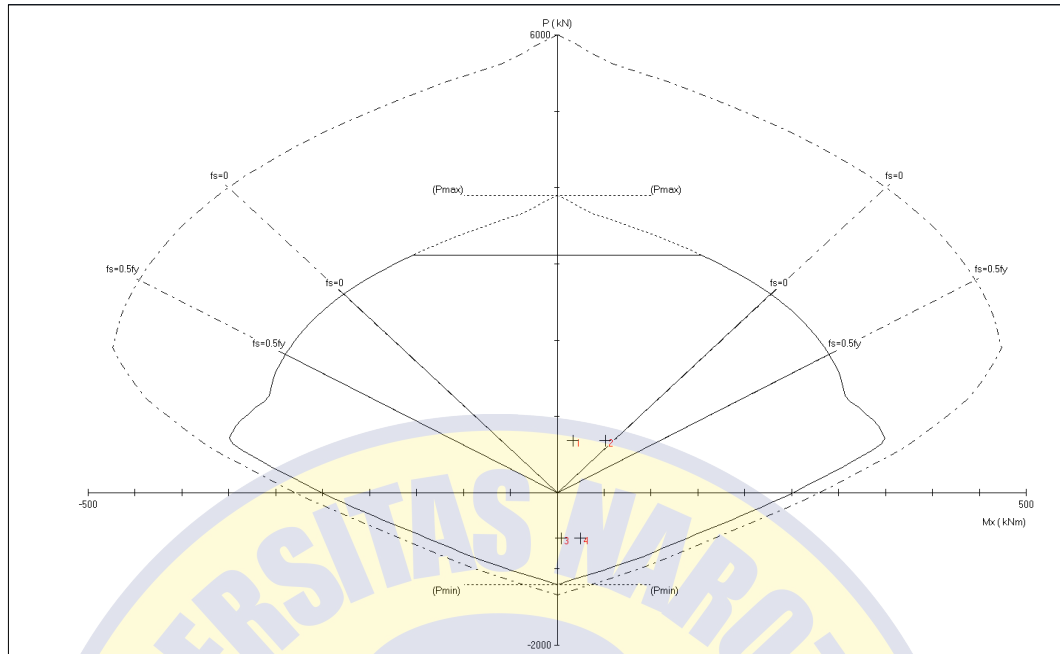
$$d_c = 16 \text{ mm}$$

g. Jumlah Tulangan Yang Dipakai

$$\begin{aligned} n &= A_{s \text{ min}} / (\pi/4 \cdot D^2) \\ &= 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

h. Luas Tulangan Terpakai

$$\begin{aligned} A_s &= n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= 3216.99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Diagram Interaksi P-M spColumn

Dari Hasil Plotting Beban Pada Diagram Interaksi P-M spColumn Ditemukan Bahwa Kebutuhan Tulangan Lentur Untuk Kolom Mencukupi

4.4.5.4 – Kuat Geser Chimney

- a. Kuat Geser Nominal Fondasi Yang Dapat Ditahan Oleh Beton (SNI 2847-2019 Ps 22.5.5.1)

$$V_c = 0.17\lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot a \cdot d$$

$$= 148.07 \text{ kN}$$

- b. Faktor Reduksi Kekuatan Momen (SNI 2847-2019 Ps 21.2.1)

$$\Phi = 0.75$$

- c. Kuat Geser Chimney

$$\Phi V_c = 111.06 \text{ kN}$$

- d. (SNI 2847-2019 Ps 10.6.2.1)

$$0.5 \Phi \cdot V_c = 55.53 \text{ kN}$$

- e. Resultan Gaya Geser

$$V_u = \sqrt{(H_x c^2 + H_y c^2)}$$

$$= 22.73 \text{ kN}$$

Tidak perlu tulangan geser

f. Jarak Spasi Tulangan Senggang (SNI 2847-2019 Ps 25.7.2.1b)

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

$$s_1 = 16.d_c = 256 \text{ mm}$$

$$s_2 = 48.d_s = 480 \text{ mm}$$

$$s_3 = a = 500 \text{ mm}$$

g. Tulangan Geser Minimum Diambil Yang Terbesar Dari Persamaan :

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min}1} &= 0.062 \sqrt{f'c' \cdot \left(a \cdot \frac{s}{f_y}\right)} \\ &= 94.78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min}2} &= 0.35 \left(a \cdot \frac{s}{f_y}\right) \\ &= 125.00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{v \text{ min}} = 125.00 \text{ mm}^2$$

h. Senggang Terpakai = D16 – 200

i. Luas Senggang Terpakai

$$\begin{aligned} A_{v \text{ pakai}} &= \frac{2\pi}{4} \cdot d_s^2 \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

AMAN.....Luas senggang terpakai lebih besar dari luas senggang minimum

4.4.5.5 Cek Panjang Penyaluran

a. Beton Ringan (SNI 2847-2019 Ps Ps 25.4.9.3 - Beton Normal)

$$\lambda = 1.00$$

b. Faktor Pengekang (SNI 2847-2019 Ps 25.4.9.3 - Lainnya)

$$\Psi_r = 1.00$$

c. Panjang Penyaluran Menggunakan Nilai Terbesar Pers (SNI 2847-2019 Ps 25.4.9.2)

$$\ell_{dc1} = \left[\left(0.24 \cdot f_y \cdot \Psi_r / \lambda \sqrt{f'c'} \right) \right] \cdot d_c$$

$$\ell_{dc2} = 0.043 \cdot f_y \cdot \Psi_r \cdot d_c$$

$$\ell_{dc} = 376.80 \text{ mm}$$

d. Panjang Penyaluran Yang Dibutuhkan

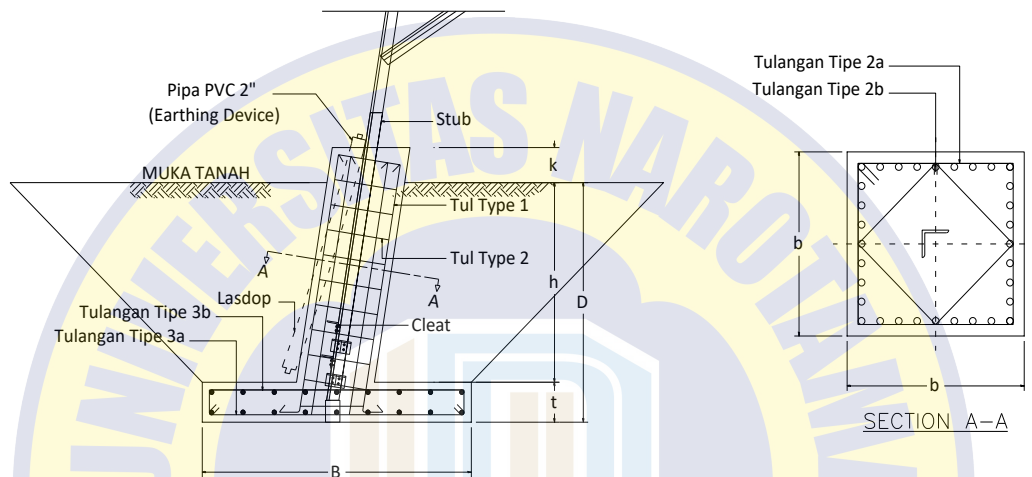
$$\ell_{\text{butuh}} = \ell_{\text{dc}} = 376.80 \text{ mm}$$

e. Panjang Penyaluran Tersedia

$$\begin{aligned} \ell_{\text{sedia}} &= t - 2 \cdot db - \text{selimut beton} \\ &= 393.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang Penyaluran Tercukupi

4.5 Resume Hasil Desain Fondasi



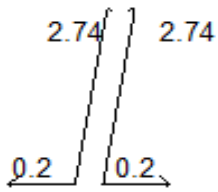
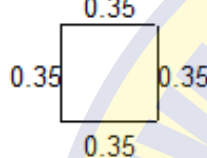
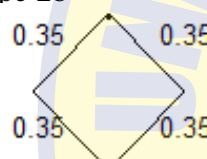
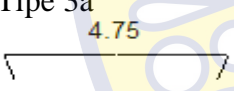
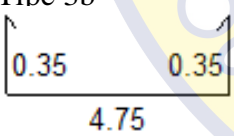
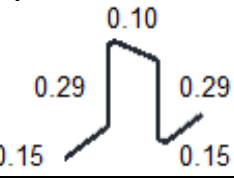
Gambar 4.9 Desain Fondasi

- | | |
|--|-------------------------|
| a. Kedalaman Fondasi (D) | = 2.50 m |
| b. Tebal Pad Fondasi (t) | = 0.50 m |
| c. Lebar Fondasi (B) | = 4.90 m |
| d. Lebar Chimney (b) | = 0.50 m |
| e. Tinggi Chimney Diatas Tanah (k) | = 0.40 m |
| f. Volume Pad Fondasi | = 48.02 m ³ |
| g. Volume Chimney | = 2.40 m ³ |
| h. Volume Beton K-225 | = 50.42 m ³ |
| i. Volume Galian | = 270.04 m ³ |
| j. Volume Timbunan Kembali | = 198.81 m ³ |
| k. Volume Urugan Pasir Bawah Fondasi (tebal=10 cm) | = 10.40 m ³ |
| l. Volume Lantai Kerja (K-100, tebal = 10 cm) | = 10.40 m ³ |
| m. Volume Bekisting | = 58.40 m ² |

n. Selimut Beton

= 75.00 mm

Tabel 4.5 Bar Bending Schedule Fondasi

Tipe Tulangan	Dia (mm)	Berat (kg/m)	Panjang (m)	Jarak (cm)	Jumlah (Buah)	Total Pjg (m)	Total Berat (kg)
Tipe 1 	16	1.58	3.12	-	16	49.96	78.93
Tipe 2a 	10	0.62	1.55	20	15	23.25	14.35
Tipe 2b 	10	0.62	1.55	50	7	10.85	6.69
Tipe 3a 	16	1.58	4.75	20	25	118.75	187.63
Tipe 3b 	16	1.58	4.75	20	25	118.75	187.63
Spacer 	10	0.62	0.97	80	36	34.99	21.70
						BJTS 420B	454.18
						BJTS 280	42.73
						Overhead 10%	49.69
						Jumlah Fondasi	4.00
						Grand Total	2186.42