

TUGAS AKHIR

**“PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG DAN
METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK
PEMBANGUNAN RUKO MEGA PROFIT KAWASAN
MEGAMAS MANADO”**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi
Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Recky Sigar

12 012 039



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Ruko Mega Profit Blok 1 F2 terletak di JL. Piere Tendean Kawasan Mega Mas Manado, merupakan salah satu jenis kegiatan pembangunan infrastruktur untuk menunjang kegiatan masyarakat sebagai salah satu pusat pertokoan dan bisnis, perencanaannya harus dilakukan dengan sebaik mungkin mengingat harus menjaga keamanan bagi para pengguna gedung. Untuk dapat difungsikan sebagaimana mestinya maka bangunan ini harus direncanakan sebaik mungkin baik dari segi biaya juga terutama dari segi kekuatan. Struktur bangunan itu sendiri terdiri atas dua bagian besar yaitu struktur atas meliputi kolom, balok, pelat lantai dan juga rangka atap dan struktur bawah yang mencakup pondasi.

Pondasi sebagai elemen struktur yang berfungsi untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah pendukung didesain berdasarkan lapisan tanah pendukung dibawahnya, tapi juga mempertimbangkan keadaan disekitar area pembangunan.

Pondasi sebagai salah satu struktur bawah memiliki peran yang sangat penting, yakni menyalurkan beban struktur atas ke lapisan tanah pendukung. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Pondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil, karena pondasi inilah yang memikul dan menahan seluruh beban yang bekerja diatasnya yaitu beban konstruksi atas. Pondasi ini akan menyalurkan tegangan-tegangan yang terjadi pada beban struktur atas kedalam lapisan tanah yang keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut.

Pondasi sebagai struktur bawah secara umum dapat dibagi dalam 2(dua) jenis, yaitu: pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi tergantung kepada jenis struktur atas apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga tergantung pada jenis tanahnya. Untuk konstruksi beban ringan dan kondisi tanah keras,

biasanya dipakai pondasi dangkal, tetapi untuk konstruksi beban berat biasanya jenis pondasi dalam yang digunakan adalah pilihan yang tepat.

Pada pembangunan Ruko Mega Profit blok 1 F2, pondasi yang digunakan adalah jenis tiang pancang. Berdasarkan pada pentingnya faktor pemilihan serta perencanaan pondasi suatu bangunan, maka untuk itu perlu dianalisa perencanaan dan pelaksanaannya, pada setiap pembangunan gedung yang dilakukan, sehingga dalam penulisan tugas akhir ini, akan menghitung pondasi tiang pancang yang akan digunakan serta metode pelaksanaan pondasi tiang pancang dengan judul “Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan Metode Pelaksanaan Pada Pembangunan Ruko Mega Profit Kawasan Mega Mas Manado”.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendesain pondasi pada ruko Mega Profit Blok 1 F2 Delatasi II Kawasan Megamas Manado.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- Mencari diameter tiang pancang yang kuat dan efisien
- Mencari jumlah tiang pancang yang dibutuhkan
- Mendesain dimensi *pile cap*

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa pembatasan masalah yang digunakan sebagai ruang lingkup pembahasan, diantaranya :

1. Perhitungan struktur atas menggunakan *software* ETABS v.9.7.0 Ruko Mega Profit pada delatasi II.
2. Pembagian letak pondasi berdasarkan zona sondir
3. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada pada setiap zona sondir yang dianggap memikul beban terbesar
4. Menghitung dimensi tiang pancang dan tulangan *pilecap*
5. Menguraikan metode pelaksanaan dan manajemen kesehatan dan keselamatan kerja pada proyek pembangunan ruko mega profit kawasan megamas Manado.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan berdasarkan proses selama praktek kerja lapangan (PKL) dimana diambil beberapa data hasil pengamatan dilapangan berdasarkan wawancara pada pihak kontraktor dan pihak konsultan pengawas.

2. Studi literatur

Penyusunan data pendukung yang berasal dari artikel, jurnal ilmiah dan referensi buku yang dapat menjelaskan serta memberikan pemecahan terhadap permasalahan yang di bahas dalam tugas akhir.

3. Konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta pihak - pihak terkait dengan penyusunan tugas akhir.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir “Tinjauan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan Metode Pelaksanaan Pada Pembangunan Ruko Mega Provit Blok 1 F2 Delatasi II Kawasan Mega Mas Manado” adalah :

1. BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan laporan

2. BAB II : DASAR TEORI

Bab ini berisi landasan teori tentang pondasi, pembebanan struktur dengan menggunakan program ETABS v.9.7.0 serta Metode pekerjaan pondasi tiang pancang

3. BAB III : PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil perhitungan struktur atas, perhitungan pondasi dan metode pelaksanaan.

4. BAB IV : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil tinjauan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

2.1.1 Pengertian Pondasi

Ali Asroni (2010) menjelaskan bahwa secara garis besar, struktur bangunan dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu struktur bangunan di dalam tanah dan struktur bangunan di atas tanah. Struktur bangunan di dalam tanah sering disebut struktur bawah, sedangkan struktur bangunan di atas tanah disebut struktur atas. Struktur bawah dari bangunan disebut fondasi, yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Seluruh beban dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat fondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh fondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

Pamungkas dan Harianti (2013) menjelaskan bahwa struktur bawah merupakan bagian bawah dari suatu struktur bangunan/gedung yang menahan beban dari struktur atas. Struktur bawah ini meliputi balok sloof dan pondasi.

Balok sloof adalah balok yang mengikat pondasi satu dengan pondasi yang lain, berfungsi juga sebagai pengikat dan juga untuk mengantisipasi penurunan pada pondasi agar tidak terjadi secara berlebihan.

Pondasi adalah bagian struktur paling bawah dari suatu konstruksi (gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara, tanggul,dll) yang berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal di atasnya (kolom) maupun beban horizontal ke tanah pendukung.

2.1.2 Jenis-jenis Pondasi

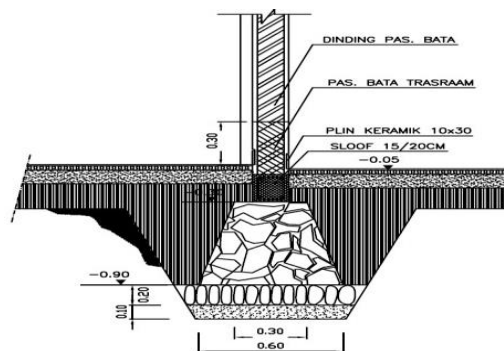
Edi Karnadi dalam situs blognya menjelaskan tentang jenis-jenis pondasi dan membaginya dalam dua kelompok besar yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam, berikut ini akan diuraikan jenis-jenis pondasi tersebut.

1. Pondasi dangkal terdiri dari:

a. Pondasi Menerus

Pondasi menerus biasanya digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau kolom dengan jarak yang dekat dan fungsional kolom tidak terlalu mendukung beban berat. Pondasi menerus dibuat dalam bentuk memanjang dengan potongan persegi ataupun

trapesium. Penggunaan bahan pondasi ini biasanya sesuai dengan kondisi lingkungan atau bahan yang tersedia di daerah setempat. Bahan yang digunakan bisa dari batu kali, batubata atau beton kosong/tanpa tulangan dengan adukan 1 pc : 3 Psr. Keuntungan memakai pondasi ini adalah beban bangunan dapat disalurkan secara merata, dengan catatan seluruh pondasi berdiri diatas tanah keras. Sementara kelemahan pondasi ini, biaya untuk pondasi cukup besar, memakan waktu agak lama dan memerlukan tenaga kerja yang banyak. Gambar 2.1 menunjukkan detail pondasi menerus.



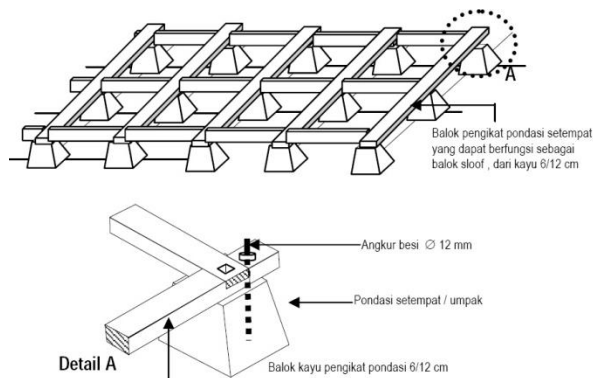
Gambar 2.1 Pondasi Menerus

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

b. Pondasi setempat

Pondasi ini dilaksanakan untuk mendukung beban titik seperti kolom praktis, tiang kayu pada rumah sederhana atau pada titik kolom struktural. Contoh pondasi setempat:

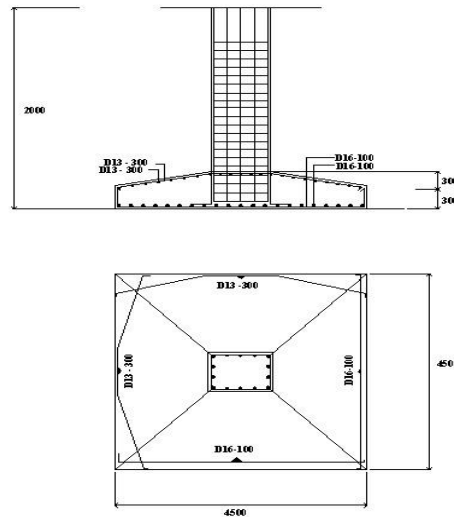
- ✓ Pondasi ompak batu kali, digunakan untuk rumah sederhana.
- ✓ Pondasi ompak beton, digunakan untuk rumah sederhana, rumah kayu pada rumah tradisional, dan lain-lain. Gambar 2.2 menunjukkan contoh pondasi ompak.



Gambar 2.2 Pondasi Ompak

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

- ✓ Pondasi plat setempat, jenis pondasi ini dapat juga dibuat dalam bentuk bertingkat jika pondasi ini dibutuhkan untuk menyebarkan beban dari kolom berat. Pondasi tapak disamping diterapkan dalam pondasi dangkal dapat juga digunakan untuk pondasi dalam. Dapat dilaksanakan pada bangunan hingga dua lantai, tentunya sesuai dengan perhitungan mekanika. Gambar 2.3 menunjukkan detail pondasi setempat.



Gambar 2.3 Pondasi Setempat

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

c. Pondasi konstruksi sarang laba-laba.

Pondasi ini merupakan pondasi dangkal konvensional, kombinasi antara sistem pondasi plat beton pipih menerus dengan sistem perbaikan tanah. Pondasi ini memanfaatkan tanah sebagai bagian dari struktur pondasi itu sendiri. Pondasi Sarang Laba-Laba dapat dilaksanakan pada bangunan 2 hingga 8 lantai yang didirikan diatas tanah dengan daya dukung rendah. Sedangkan pada tanah dengan daya dukung tinggi, bisa digunakan pada bangunan lebih dari 8 lantai.

Plat beton tipis menerus itu di bagian bawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak tipis yang relatif tinggi, sehingga secara menyeluruh berbentuk kotak terbalik. Rib-rib tegak dan kaku tersebut diatur membentuk petak-petak segitiga dengan hubungan kaku (rigit). Rib-rib tersebut terbuat dari beton bertulang. Sementara rongga yang ada dibawah plat diantara rib-rib diisi dengan perbaikan tanah/pasir yang dipadatkan dengan baik, lapis demi lapis per 20 cm. Gambar 2.4 menunjukkan konstuksi pondasi sarang laba-laba.



Gambar 2.4 Konstruksi Pondasi Sarang Laba-laba

Sumber : *kontemporer2013.blogspot.com*

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang dan caissons atau pondasi kompensasi. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari.

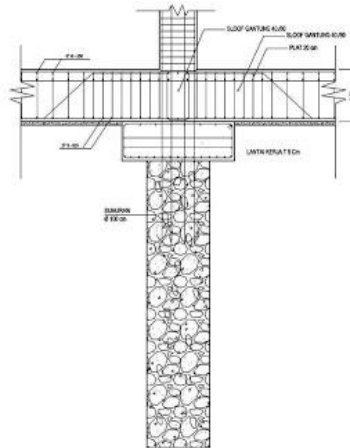
Berikut ini akan diuraikan jenis-jenis pondasi dalam yaitu :

a. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0.80 - 1.00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya.

Disebut pondasi sumuran, karena dalam pengerjaannya membuat lubang-lubang berbentuk sumur. Lobang ini digali hingga mencapai tanah keras atau stabil. Sumur-sumur ini diberi buis beton dengan ketebalan kurang lebih 10 cm dengan pembedaan. Dasar dari sumur dicor dengan ketebalan 40 cm sampai 1,00 m, diatas coran tersebut disusun batu kali sampai dibawah 1,00 m buis beton teratas. Ruang

kosong paling atas dicor kembali dan diberi angker besi, yang gunanya untuk mengikat plat beton di atasnya. Plat beton ini mirip dengan pondasi plat setempat, yang fungsinya untuk mengikat antar kolom yang disatukan oleh sloof beton. Pondasi sumuruan dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Pondasi Sumuran

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

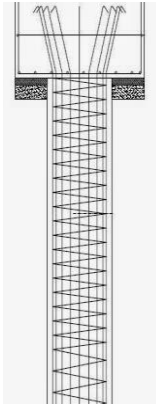
b. Pondasi Bored Pile

Pondasi *bored pile* adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah dengan kedalaman tertentu. Pondasi di tempatkan sampai kedalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang yang dibor dengan alat khusus. Setelah mencapai kedalaman yang disyaratkan, kemudian dilakukan pemasangan kesing/begisting yang terbuat dari plat besi, kemudian dimasukkan rangka besi pondasi yang telah dirakit sebelumnya, lalu dilakukan pengecoran terhadap lobang yang sudah di bor tersebut. Pekerjaan pondasi ini tentunya dibantu dengan alat khusus, untuk mengangkat kesing dan rangka besi. Setelah dilakukan pengecoran kesing tersebut dikeluarkan kembali.

Sistem kerja pondasi ini hampir sama dengan pondasi *pile* (tiang pancang), yaitu meneruskan beban stuktur bangunan diatas ke tanah dasar dibawahnya sampai kedalaman tanah yang dianggap kuat (memiliki daya dukung yang cukup). Untuk itu diperlukan kegiatan sondir sebelumnya, agar daya dukung tanah dibawah dapat diketahui pada kedalaman berapa meter yang dianggap memadai untuk mendukung konstruksi diatas yang akan dipikul nantinya.

Jenis pondasi ini cocok digunakan untuk lokasi pekerjaan yang disekitarnya rapat dengan bangunan orang lain, karena proses pembuatan pondasi ini tidak

menimbulkan efek getar yang besar, seperti pembuatan pondasi pile (tiang pancang) yang pemasangannya dilakukan dengan cara pukulan memakai beban/hammer. Gambar 2.6 menunjukkan pondasi *bored pile*.



Gambar 2.6 Pondasi Bored Pile

Sumber : *kontemporer2013.blogspot.com*

c. Pondasi Tiang Pancang

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman lebih dari 8 meter.

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

Dalam pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancangkan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangkan miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja, Hal seperti ini sering terjadi pada dermaga dimana terdapat tekanan kesamping dari kapal dan perahu. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya.

Tiang Pancang umumnya digunakan :

- Untuk mengangkat beban-beban konstruksi diatas tanah kedalam atau melalui sebuah stratum/lapisan tanah. Didalam hal ini beban vertikal dan beban lateral boleh jadi terlibat.

- Untuk menentang gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah dibawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.
- Memampatkan endapan-endapan tak berkoheisi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
- Mengontrol lendutan/penurunan bila kaki-kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
- Membuat tanah dibawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem tersebut.
- Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tumpuan jembatan dan atau pir, khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
- Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melalui air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh oleh baik beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

2.2 Jenis-Jenis Pondasi Tiang Pancang

Bambang Surendro (2014) menguraikan tentang jenis-jenis pondasi tiang pancang yang digolongkan berdasarkan bahan/material yang dipergunakan untuk pembuatan tiang dan cara pembuatannya.

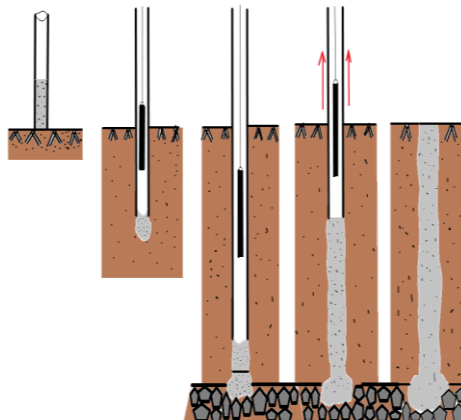
Menurut bahan/material yang digunakan, tiang pancang dibedakan menjadi empat macam yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, dan tiang pancang komposit (kayu dengan beton atau baja dengan beton). Sedangkan menurut cara pembuatannya dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Pondasi tiang dibuat ditempat pekerjaan (*cast in place pile*)
2. Pondasi tiang yang dibuat atau disiapkan ditempat lain, kemudian dibawah ke lokasi proyek untuk dimasukkan kedalam tanah dengan cara ditumbuk atau dipancang (*precast pile*).

2.2.1 Pondasi tiang dibuat ditempat pekerjaan

Pondasi tiang pancang yang dibuat/di cor ditempat pada umumnya berupa tiang beton. Pembuatannya dilakukan dengan cara membuat lubang dengan cara mengebor ditempat yang telah ditentukan dengan ukuran sesuai dengan kebutuhan. Untuk menghindari tanah ditepi lubang berguguran maka perlu di pasang casing,

yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter lubang bor. Setelah pengeboran selesai dan telah mencapai kedalaman yang telah mencukupi, maka pekerjaan selanjutnya adalah penempatan tulangan rebar, setelah pemasangan tulangan selesai, maka pekerjaan selanjutnya adalah pengecoran beton. Pekerjaan pengecoran merupakan bagian yang paling kritis yang menentukan berfungsi atau tidaknya suatu pondasi tiang, karena meskipun proses pekerjaan sebelumnya sudah benar, tetapi kalau tahapan pengecoran gagal maka bisa dikatakan proses pembuatan pondasi gagal secara keseluruhan. Pengecoran disebut gagal jika dalam pengecoran tidak merata dalam arti lubang pondasi tiang tidak terisi adukan beton secara merata, misalnya ada bagian yang belum terisi, bercampur dengan galian tanah, segregasi dengan air, atau adanya tanah longsor sehingga adukan beton mengisi bagian yang tidak tepat. Di Indonesia jenis tiang yang dibuat ditempat ada dua macam yaitu tiang *Strauss* dan tiang *Frangky*. Gambar 2.7 menunjukkan contoh pondasi *frangky pile*.



Gambar 2.7 Frangky Pile

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

2.2.2 Pondasi tiang dibuat ditempat lain

Pondasi tiang pancang yang dibuat ditempat lain (*precast pile*), misal dibuat dipabrik atau lokasi lain, selain berbentuk tiang beton dapat juga berupa tiang kayu, ataupun tiang baja.

Pondasi tiang yang dibuat ditempat dan pondasi dibuat di tempat lain, masing- masing mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri.

Untuk pondasi tiang yang dibuat ditempat (*cast in place pile*), kelebihanannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Tidak menimbulkan getaran dan kegaduhan yang dapat mengganggu lingkungan sekitarnya.

- ✓ Cocok untuk pondasi yang berdiameter besar.
- ✓ Pondasi dapat dicetak sesuai kebutuhan.

Adapun kekurangannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Pekerjaan agak rumit karena pondasi dicetak di lapangan.
- ✓ Lebih banyak memerlukan alat bantu seperti mesin bor, casing, cleaning bucket dan alat bantu pengecoran sehingga mengeluarkan biaya yang lebih besar.
- ✓ Rentan terhadap pengaruh tanah dan lumpur di dalam lubang.
- ✓ Waktu pengerjaan lebih lama.

Untuk pondasi yang dibuat di tempat lain (*precast pile*) kelebihanannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Pemeriksaan kualitas pondasi sangat ketat sesuai standar pabrik.
- ✓ Pemancangan lebih cepat, mudah dan praktis.
- ✓ Pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
- ✓ Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus tiang.
- ✓ Sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertikal.

Adapun kekurangannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Pelaksanaannya menimbulkan getaran dan kegaduhan.
- ✓ Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
- ✓ Kesalahan metode pemancangan dapat menimbulkan kerusakan pada pondasi.
- ✓ Bila panjang tiang pancang kurang, maka untuk melakukan penyambungannya sulit dan memerlukan waktu yang lama.

Secara umum pemakain pondasi tiang mempunyai keuntungan, dan kerugian sebagai berikut:

1. Keuntungannya adalah:

- ✓ Bila dipancang sampai lapisan tanah keras, maka akan mempunyai daya dukung tanah yang besar.
- ✓ Daya dukung tidak hanya dari ujung tiang, tetapi juga karena gesekan dan lekatan pada sekeliling tiang
- ✓ Pada penggunaan tiang kelompok atau grup (satu beban tiang bisa ditahan oleh dua atau lebih tiang), daya dukungnya sangat kuat.
- ✓ Harga relatif murah bila dibandingkan dengan pondasi sumuran.

2. Kerugiannya adalah:

- ✓ Untuk daerah proyek yang masuk gang kecil, sulit dikerjakan karena faktor angkutan.
- ✓ Sistem ini baru ada di daerah kota dan sekitarnya.
- ✓ Untuk daerah yang penggunaan tiang sedikit, maka harganya menjadi jauh lebih mahal.
- ✓ Proses pemancangan menimbulkan getaran dan kebisingan.

2.2.3 Tiang Pancang Kayu

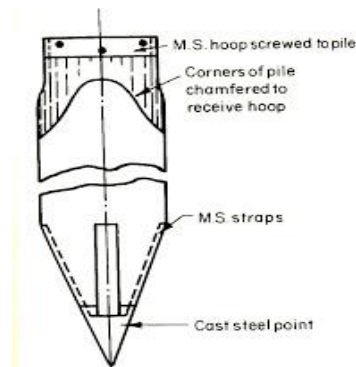
Jenis tiang yang sudah lama digunakan adalah tiang yang dibuat dari kayu. Pada umumnya tiang kayu digunakan pada pekerjaan yang sifatnya sementara, namun ada juga tiang kayu digunakan secara permanen.

Panjang tiang kayu pada umumnya berkisar antara 6 sampai dengan 8 meter dengan diameter antara 15 sampai dengan 20 centimeter. Bahan kayu dipergunakan harus cukup tua, berkualitas baik (sesuai dengan penggunaannya sebagai tiang pancang), tidak cacat, dan lurus yang setidaknya-tidaknya garis sumbu yang menghubungkan antara pangkal dan ujung masih dalam kayu.

Tiang kayu harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipancang, yaitu untuk memastikan bahwa tiang pancang kayu tersebut betul-betul memenuhi ketentuan dari bahan dan toleransi yang diijinkan. Bila menyimpang dari ketentuan yang diijinkan, bisa menyebabkan kesulitan dalam pemancangan, ataupun tiang pancang kayu tidak bisa tahan lama.

Sebelum pemancangan, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada saat pemancangan, maka kepala tiang pancang dipasang cincin baja atau besi yang kuat atau dengan metode lainnya yang jauh lebih efektif. Setelah pemancangan selesai, kepala tiang pancang dipotong tegak lurus terhadap panjangnya kemudian diberi bahan pengawet sebelum pur (*pile cap*) dipasang. Kepala tiang pancang harus tertanam dalam pur dengan kedalaman yang cukup sehingga dapat memindahkan gaya. Tebal beton di sekeliling tiang pancang paling sedikit 15 centimeter.

Tiang pancang harus dilengkapi dengan sepatu yang cocok untuk melindungi ujung tiang selama pemancangan, kecuali bilamana seluruh pemancangan dilakukan pada tanah yang lunak. Sepatu benar-benar konsentris (pusat sepatu sama dengan pusat tiang pancang). Dan dipasang dengan kuat pada ujung tiang. Bidang kontak antara sepatu dan kayu harus cukup untuk menghindari tekanan yang berlebihan selama pemancangan. Gambar 2.8 menunjukkan contoh pondasi tiang pancang kayu.



Gambar 2.8 Tiang pancang kayu

Sumber : *kontemporer2013.blogspot.com*

2.2.4 Tiang Pancang Baja

Pondasi tiang pancang baja biasanya berbentuk profil H ataupun berbentuk pipa atau kotak baja. Pada tiang pancang baja pipa, dapat dipilih dengan ujung terbuka bebas ataupun tertutup. Bilamana tiang pancang pipa atau kotak digunakan, dan akan diisi dengan beton, mutu beton tersebut minimal harus K250.

Tiang pancang baja mempunyai potensi kerawanan terhadap korosi. Berkaitan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian sebelumnya pada bagian mana yang mungkin terjadi korosi. Untuk menghindarinya ruas-ruas yang mungkin terkena korosi harus dilindungi dengan pengecatan menggunakan lapisan pelindung yang telah disetujui dan/atau digunakan logam yang lebih tebal. Apabila tiang dipancang pada tanah asli yang kadar oksigennya rendah, maka umur tiang bias tahan lama. Akan tetapi jika ada bagian tiang pancang yang berhubungan langsung dengan air, maka harus diberi perlindungan dengan melapisi beton agar besi dapat tahan terhadap karat. Sebelum tiang baja di pancang, pad kepala tiang harus dipasang topi pemancang (*driving cap*), yang berfungsi untuk menjaga rusaknya kepala tiang akibat pukulan dan untuk mempertahankan sumbu tiang pancang segaris dengan sumbu palu. Setelah selesai pemancangan, tiang pancang dengan panjang yang cukup harus ditanamkan ke dalam pur (*pile cap*). Gambar 2.9 menunjukkan tiang pancang baja profil h.



Gambar 2.9 Tiang pancang baja profil H

Sumber : *kontemporer2013.blogspot.com*

Apabila panjang tiang yang dibutuhkan lebih panjang dari panjang tiang yang tersedia, maka diperlukan perpanjangan. Perpanjangan tiang baja dilakukan dengan penyambungan dengan cara pengelasan.

Pondasi tiang pancang baja pada umumnya ringan, kuat dan mampu menahan beban yang berat. Penyambungan tiangpun dapat dilakukan dengan mudah. Namun pondasi tiang pancang baja mempunyai kelemahan, yaitu dapat terjadinya korosi pada tiang baja, yaitu akibat pengaruh dari asam maupun air. Namun penelitian menunjukkan, bahwa pemancangan terhadap tanah alamiah tak terganggu, maka korosi menjadi tidak masalah. Namun, jika pemancangan dilakukan terhadap tanah urugan, maka besar kemungkinannya terjadinya korosi pada tiang pancang baja.

2.2.5 Tiang Pancang Beton

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, bahwa tiang pancang beton bila ditinjau dari segi pembuatannya dibedakan menjadi dua macam yaitu tiang pancang beton yang dibuat di lokasi pekerjaan (*cast in place pile*) dan tiang beton yang dibuat di tempat lain (*precast pile*).

Tiang pancang beton, baru dapat dipancang minimal setelah beton berumur 28 hari, karena beton akan mencapai tingkat pengerasan secara sempurna setelah 28 hari, sehingga sebelum mencapai 28 hari beton akan mempunyai kuat tekan yang berbeda. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton berkaitan dengan umur, dapat menggunakan tabel konversi beton untuk umur 3,7,14,21 dan 28 hari, lihat Tabel 2.1

Tabel 2.1 Konversi kuat tekan beton berdasarkan umur

Umur Beton (Hari)	Capai Kuat Tekan Beton (%)
3	46
7	70
14	88
21	96
28	100

Sumber : Surendro, 2013

Karena tegangan tarik beton adalah kecil, sedangkan berat sendiri beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah diberi tulangan yang cukup memadai, sehingga dapat menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan.

Penampang tiang pancang beton banyak dijumpai di lapangan pada umumnya berbentuk bulat pejal, bulat berongga, bujur sangkar pejal, segitiga pejal, bujur sangkar berongga, segidelapan pejal, dan segidelapan berongga.

Teknologi bidang rancang beton bertulang telah menghasilkan pondasi tiang pancang dengan beberapa variasi ukuran penampang dan panjang tiang pancang yang dibuat dalam pabrik dengan sistem beton Pra-Tekan. Salah satu bentuk variasi ukuran tiang pancang beton bulat dan pancang persegi yang diproduksi dalam salah satu pabrik di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3

Tiang pancang segitiga yang ditemui di lapangan antara lain, ukuran sisi 22cm, 28cm, dan 32cm, dengan panjang 3m, 6m, 9m, 12m. Tiang pancang berbentuk penampang segitiga berukuran sisi 28cm mampu menopang beban 25 – 30 ton, tiang pancang berbentuk penampang segitiga berukuran sisi 32cm mampu menopang beban 35 – 40 ton.

Tabel 2.2 Berbagai ukuran tiang pancang beton bulat

Diameter luar (mm)	Tebal beton (T=mm)	Luas Penampang Beton (cm ²)	Berat (kg/m')	Panjang (L=m)	Beban Aksial yang diperbolehkan (ton)
300	60	452	113	6 sd 13	65,40 - 72,60
350	65	582	145	6 sd 15	85 - 93,10
400	75	766	191	6 sd 16	111,50 - 121,10
450	80	930	232	6 sd 16	134,90 - 149,50
500	90	1159	290	6 sd 16	169 - 185,30
600	100	1571	393	6 sd 16	229,50 - 252,70
800	120	2564	641	6 sd 24	367,60 – 415
1000	140	3872	946	6 sd 24	552,90 – 614
1200	150	4948	1237	6 sd 24	721,10 1 - 802,40

Sumber: PT. WIKA Boyolali

Tabel 2.3 Berbagai ukuran tiang pancang beton persegi

Ukuran Tiang (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Momen Inersia (cm ⁴)	Beban Aksial Maksimum (ton)	Beban Per Meter (Kg/m)
20 x 20	400	13333	54	96
25 x 25	625	32552	84,3	150
30 x 30	900	67500	121,5	216
35 x 35	1225	125052	165,3	294
40 x 40	1600	213333	216	384
45 x 45	2025	341718	273,3	485
50 x 50	2500	520833	337,6	600
55 x 55	3025	762552	408,3	726
60 x 60	3600	1080000	486	884

Sumber: <http://bj-pile.blogspot.com>.

2.3 Alat Pacang Tiang

Bambang Surendro, 2013 menjelaskan dalam pemasangan tiang kedalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Berikut ini akan diuraikan jenis alat pancang tiang.

2.3.1 Drop Hammer

Pemukul jatuh terdiri dari blok pemberat yang dijatuhkan dari atas. Pemberat ditarik dengan tinggi jatuh tertentu kemudian dilepas dan menumbuk tiang. Penumbuk (*hammer*) ditarik keatas dengan kabel dengan kerekan sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian penumbuk tersebut jatuh bebas menimpa kepala tiang pancang. Untuk menghindari terjadi kerusakan akibat tumbukan ini, pada kepala tiang dipasang semacam topi atau cap sebagai penahan energi atau *shock absorber*. Tenaga tarik drop hammer dapat berupa manusia atau mesin uap.

Drop hammer dengan tenaga tarik manusia, tinggi jatuh 1 sampai dengan 1,5 meter, frekuensi pukulan 4 kali per menit, kalendering setelah 30 kali pukulan. Sama dengan tenaga manusia drop hammer dengan tenaga tarik mesin uap, tinggi jatuh 1 sampai 1,5 meter. Gambar 2.10 menunjukkan alat pancang *drop hammer*.



Gambar 2.10 Drop Hammer

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

Keuntungan dari alat ini adalah:

- ✓ Investasi yang rendah
- ✓ Mudah dalam pengoperasian
- ✓ Mudah dalam mengatur energi per blow dengan mengatur tinggi.

Kekurangan dari alat ini adalah:

- ✓ Kecepatan pemancangan yang kecil
- ✓ Kemungkinan rusaknya tiang akibat tinggi jatuh yang besar
- ✓ Kemungkinan rusaknya bangunan disekitar lokasi akibat getaran pada permukaan tanah
- ✓ Tidak dapat digunakan untuk pekerjaan dibawah air

2.3.2 Diesel Hammer

Pemukul diesel terdiri dari silinder, ram, balok anvil dan sistem injeksi bahan bakar. Pemukul tipe ini umumnya kecil, ringan dan digerakkan dengan menggunakan bahan bakar minyak. Energi pemancangan total yang dihasilkan adalah jumlah benturan dari ram ditambah energi hasil dari ledakan.

Diesel hammer merupakan pengembangan dari steam hammer, sebagai penggerak hammer adalah campuran gas dan udara. Special diesel hammer adalah:

- a. Berat hammer 1,5 sampai dengan 2,5 ton
- b. Tinggi jatuh 0.9 sampai dengan 1 meter
- c. Frekuensi pukulan 40 sampai dengan 50 kali per menit
- d. Kalendering setiap 10 kali pukulan.

Kelebihan Diesel Hammer yaitu:

- ✓ Ekonomis dalam pemakaian
- ✓ Mudah dipakai di daerah terpencil
- ✓ Berfungsi sangat baik di daerah dingin
- ✓ Mudah perawatannya

Kekurangan Diesel Hammer

- ✓ Kesulitan dalam menentukan energi / blow
- ✓ Sukar dalam pengerjaan pada tanah lunak. Gambar 2.11 menunjukkan alat pancang *diesel hammer*.



Gambar 2.11 Diesel Hammer

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

2.3.3 Hydraulic static pile driver (HSPD)

Secara garis besar pemancangan dengan Hydraulic static pile driver untuk operasinya menggunakan system jepit kemudian menekan tiang tersebut. HPSD memiliki 4 buah kaki, 2 kaki pada bagian luar (rel besi berisi air) dan 2 kaki pada bagian dalam yang semuanya digerakkan secara hidrolis. Kaki-kaki ini disebut sebagai

support sleeper yang digunakan untuk bergerak menuju ke titik-titik yang sudah ditentukan sebelumnya dan diberi tanda. HSPD memiliki kemampuan mobilisasi dan mampu untuk memancang tiang pancang berdiameter besar. Alat lain yang digunakan untuk mendukung kinerja alat ini adalah *mobile crane* yang berfungsi untuk mengangkat tiang pancang ke dekat alat pancang. Gambar 2.12 menunjukkan alat pancang *hydraulic static pile driver*.



Gambar 2.12 Hydraulic static pile driver

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

Cara kerja alat ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Tiang pancang diangkat dan dimasukkan perlahan ke dalam lubang tiang yang disebut *grip*, kemudian sistem *jack-in* akan naik dan mengikat atau memegang tiang tersebut. Ketika tiang sudah dipegang erat oleh *grip*, maka tiang mulai ditekan.
- b. Alat ini memiliki ruang kontrol/kabin yang dilengkapi dengan *oil pressure* atau *hydraulic* yang menunjukkan *pile pressure* yang kemudian akan dikonversikan ke *pressure force* dengan menggunakan *table* yang sudah ada.
- c. Jika *grip* hanya mampu menekan tiang pancang sampai bagian pangkal lubang mesin saja, maka penekanan dihentikan dan *grip* bergerak naik keatas untuk mengambil tiang pancang sambungan yang telah disiapkan. Tiang pancang sambungan kemudian diangkat dan dimasukkan kedalam *grip*. Setelah itu sistem *jack-in* akan naik dan mengikat atau memegang tiang tersebut. Ketika tiang sudah dipegang erat oleh *grip*, maka tiang mulai ditekan mendekati tiang pancang dibawah. Penekanan dihentikan sejenak saat ke dua tiang sudah bersentuhan. Hal ini dilakukan guna mempersiapkan penyambungan ke dua tiang pancang dengan cara pengelasan.

- d. Untuk menyambung tiang pertama dan tiang kedua digunakan sistem pengelasan. Agar proses pengelasan berlangsung dengan baik dan sempurna, maka ke dua ujung tiang pancang diberi plat harus benar-benar tanpa rongga. Pengelasan harus dilakukan dengan teliti karena kecerobohan dapat berakibat fatal, yaitu beban tidak tersalur sempurna. Apabila sudah penekanan tiang pancang dapat di lanjutkan, demikian seterusnya

2.3.4 Vibratory Pile Driver

Cara kerja alat ini menggunakan getaran yang ditimbulkan oleh motor, biasanya digunakan pada tanah granuler. Pemilihan alat ini yaitu untuk meminimalisir getaran yang terjadi pada saat pemancangan. Getaran yang dibangkitkan untuk pemancangan suatu tiang berkisar antara 1200 VPM s.d 2400 VPM (vibration per minutes). Gambar 2.13 menunjukkan alat pancang *vibratory pile driver*.



Gambar 2.13 Vibratory Pile Driver

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

2.3.5 Steam Hammer

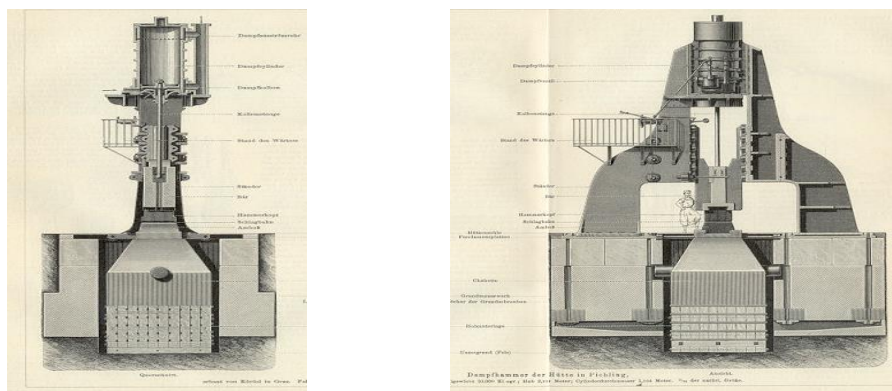
Ada dua macam steam hummer yaitu single acting dan double acting

- a. Pemukul Aksi Tiang (*Single Acting Hammer*)

Pemukul aksi tunggal berbentuk memanjang dengan ram yang bergerak naik oleh udara atau uap yang terkompresi, sedangkan gerakan turun ram disebabkan oleh beratnya sendiri. Energi pemukul aksi tunggal adalah sama dengan berat ram dikalikan tinggi jatuh

- b. Pemukul Aksi Double (*double-acting hammer*)

Pemukul aksi double menggunakan uap atau udara untuk mengangkat ram dan untuk mempercepat gerakan ke bawahnya. Kecepatan pukulan dan energi output biasanya lebih tinggi daripada pemukul aksi tunggal. Gambar 2.14 (a) dan (b) menunjukkan contoh alat pancang *single acting hammer* dan *double-acting hammer*.



(a) (b)
Gambar 2.14 (a) Single Acting Hammer (b) double-acting hammer
 Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

2.4 Perencanaan Pondasi Tiang

Berikut ini tinjauan yang harus dilakukan dalam merencanakan pondasi tiang sebagai pondasi bangunan yaitu:

1. Tentukan daya dukung vertikal tiang

Daya dukung vertikal tiang adalah beban ijin yang dapat ditanggung oleh 1 buah tiang yang ditancapkan pada suatu lokasi, dan pada kedalaman tertentu.

2. Tentukan jumlah kebutuhan tiang

Setelah mengetahui daya dukung ijin tiang, dari beban struktur atas (beban tak terfaktor: $DL + LL$) dapat dihitung kebutuhan tiang pada satu titik kolom

3. Cek efisiensi dalam kelompok tiang

Daya dukung sebuah tiang yang berada pada suatu kelompok tiang akan berkurang. Hal ini disebabkan tanah di sekitar tiang terdesak oleh tiang lain. Agar daya dukung tersebut tidak berkurang, setidaknya dibutuhkan jarak $3 \times$ diameter antar tiang satu dengan tiang lainnya. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan pemborosan tempat. Agar optimal, biasanya diatur dengan jarak $2,5 - 3 \times$ diameter tiang.

4. Tentukan gaya tarik atau gaya tekan yang bekerja pada tiang

Akibat momen yang besar dari struktur atas, tiang dapat juga mengalami gaya tarik ke atas. Untuk itu perlu dilakukan analisis gaya-gaya yang bekerja pada masing-masing tiang dalam suatu kelompok tiang, jangan sampai melebihi daya dukung yang diijinkan.

5. Tentukan *settlement* atau penurunan (bila ada)

Untuk tiang pancang yang ditancapkan pada tanah keras, diasumsikan tidak akan terjadi penurunan.

2.5 Perhitungan Daya dukung

2.5.1 Daya Dukung Ijin Tiang

Anugerah Pamungkas dkk dalam bukunya Desain Pondasi Tahan Gempa (2010), mengatakan daya dukung ujung ijin tiang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kekuatan material tiang itu sendiri. Untuk perhitungan pondasi tiang pancang dalam tugas akhir ini diambil analisa daya dukung ijin tekan.

Analisis daya dukung ijin tiang tekan pondasi tiang terhadap kekuatan tanah menggunakan formula sebagai berikut:

Berdasarkan data sondir digunakan formula Guy Sangrelat

$$P_a = \frac{Q_c \times A_p}{FK1} + \frac{T_f \times A_{st}}{FK2} \quad (1)$$

Dimana :

- P_a = daya dukung ijin tekan tiang
- Q_c = tahanan ujung konus sondir
- A_p = luas pemanpang tiang
- T_f = total friction / jumlah hambatan pelekak
- A_{st} = keliling penampang tiang
- $FK1, FK2$ = factor keamanan, 3 dan 5

2.5.2 Perhitungan Jumlah Tiang Yang Diperlukan

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan pada satu titik kolom menggunakan beban aksial dengan kombinasi beban DL + LL (beban terfaktor). Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang.

$$np = \frac{P}{P_{all}} \quad (2)$$

Dimana:

- np = jumlah tiang
- P = gaya aksial yang terjadi
- P_{all} = daya dukung ijin tiang

2.5.3 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan seperti yang baru dijelaskan pada perhitungan daya dukung bagian 2 masih belum sempurna karena daya dukung kelompok tiang bukanlah berarti daya dukung satu tiang dikalikan dengan jumlah tiang. Hal ini karena intervensi (tumpang tindihnya) garis-garis tekanan dari tiang-tiang yang berdekatan (*group action*). Pengurangan daya dukung kelompok tiang yang disebabkan oleh *group action* ini dan dinyatakan dalam suatu angka efisiensi.

Daya dukung tiang dalam kelompok sama dengan daya dukung tiang tersebut dikalikan dengan faktor reduksi sehingga dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_{pg} = E_g \cdot n \cdot Q_{all} \quad (3)$$

Dimana :

Q_{pg} : Daya dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang (kg)

n : jumlah tiang

Q_{all} : Daya dukung ijin vertikal untuk tiang tunggal (kg)

E_g : Efisiensi kelompok tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (4)$$

Dimana:

E_g = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg (D/s) (derajat)

D = ukuran penampang tiang

s = jarak antar tiang (as ke as)

m = jumlah tiang dalam 1 kolom

n = jumlah tiang dalam 1 baris

Daya dukung kelompok tiang harus > gaya aksial yang terjadi.

2.6 Perhitungan Pile Cap

Pile cap berfungsi untuk mengikat tiang-tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. *Pile cap* biasanya terbuat dari beton bertulang. Perencanaan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut :

1. *Pile cap* sangat kaku

2. Ujung atas tiang menggantung pada *pile cap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pile cap* ke tiang

3. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata

Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *pile cap* :

- ✓ Jarak antar tiang memengaruhi ukuran *pile cap* . Pada *pile cap* jarak antar tiang biasanya diambil $2,5D - 3D$, dimana D adalah diameter tiang. Kemudian jarak dari as tiang ke tepi *pile cap* adalah sama dengan ukuran D . Jadi total panjang *pile cap* adalah jarak antar tiang ditambah dengan jarak tiang ke tepi *pile cap*
- ✓ Menurut SNI03-2847-2002 ketebalan *pile cap* di atas lapisan tulangan bawah tidak boleh kurang dari 300mm dan selimut beton minimum untuk beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah adalah 75mm.

Untuk kontrol geser pada *pile cap* disyaratkan $V_u < \phi V_c$.

- ✓ Kontrol geser satu arah.

$$V_u = \sigma \cdot L \cdot G \quad (5)$$

$$\text{Dengan } \sigma = P/A \quad (6)$$

L : Lebar pondasi (m)

d : tebal efektif *pile cap*

$$(d = b - \text{selimut beton}) \quad (7)$$

G' : daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk penulangan satu arah

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{b}{2} + d \right) \quad (8)$$

b : lebar pondasi

- ✓ Kuat geser beton

$$\phi V_c = \phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \quad (9)$$

Dimana :

ϕV_c : Tegangan geser ijin beton (kg)

f_c' : kuat tekan beton (MPa)

- ✓ Kontrol geser dua arah

$$V_u = \sigma (L^2 - B'^2) \quad (10)$$

- ✓ Kuat geser beton

Kemudian berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1 disyaratkan nilai V_c adalah nilai terkecil dari $V_c 1$, $V_c 2$, $V_c 3$ dengan

Nilai α_s :

40 untuk kolom dalam

30 untuk kolom tepi

20 untuk kolom sudut

$$V_c 1 = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6} \quad (11)$$

$$V_c 2 = \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot d}{b_o}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12} \quad (12)$$

$$V_c 3 = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad (13)$$

Dimana :

b_o : keliling penampang kritis *pile cap*

β_c : rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom, daerah terpusat atau daerah reaksi

α_s : konstanta untuk perhitungan pondasi telapak.

✓ Perhitungan tulangan *pile cap*

Lebar Penampang Kritis : B'

$$B' = (\text{lebar pile cap}/2) - \text{lebar kolom}/2 \quad (14)$$

Berat pile cap pada penampang kritis : q'

$$q' = 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{lebar pile cap} \cdot \text{tebal pile cap} \quad (15)$$

Besar momen ultimate

$$M_u = 2(P_u/4)(\text{lebar kolom}) - 1/2 q' B'^2 \quad (16)$$

Momen nominal

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y (d - 1/2 a) \quad (17)$$

$$a = A_s \cdot f_y / 0,85 \cdot f_c \cdot b \quad (18)$$

Dimana :

P_u : Beban aksial yang bekerja (kg)

A_s : Luas tulangan terpasang

Untuk tulangan tekan bagian atas bisa diberikan sebesar 20% dari tulangan utama.

2.7 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang

Aspek teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Umumnya, aplikasi teknologi ini banyak diterapkan dalam metode pelaksanaan pekerjaan

konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai.

Tahapan pekerjaan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut :

a. Pekerjaan Persiapan

1. Membubuhi tanda, tiap tiang pancang harus dibubuhi tanda serta tanggal saat tiang tersebut dicor. Untuk mempermudah pekerjaan, maka tiang pancang diberi tanda setiap 1 meter.
2. Pengangkatan/pemindahan, tiang pancang harus dipindahkan/diangkat dengan hati-hati sekali guna menghindari retak maupun kerusakan lain yang tidak diinginkan.
3. Rencanakan final set tiang, untuk menentukan pada kedalaman mana pemancangan tiang dapat dihentikan, berdasarkan data tanah dan data jumlah pukulan terakhir (final set).
4. Rencanakan urutan pemancangan, dengan pertimbangan kemudahan manuver alat. Lokasi stock material agar diletakkan dekat dengan lokasi pemancangan.
5. Tentukan titik pancang dengan theodolite dan tandai dengan patok.
6. Pemancangan dapat dihentikan sementara untuk penyambungan batang berikutnya bila level kepala tiang telah mencapai level muka tanah sedangkan level tanah keras yang diharapkan belum tercapai.

Proses penyambungan tiang :

- a. Tiang diangkat dan kepala tiang dipasang pada helmet seperti yang dilakukan pada batang pertama.
- b. Ujung bawah tiang didudukkan diatas kepala tiang yang pertama sedemikian sehingga sisi-sisi pelat sambung kedua tiang telah berhimpit dan menempel menjadi satu.
- c. Penyambungan sambungan las dilapisi dengan anti karat
- d. Tempat sambungan las dilapisi dengan anti karat.
7. Selesai penyambungan, pemancangan dapat dilanjutkan seperti yang dilakukan pada batang pertama. Penyambungan dapat diulangi sampai mencapai kedalaman tanah keras yang ditentukan.
8. Pemancangan tiang dapat dihentikan bila ujung bawah tiang telah mencapai lapisan tanah keras/final set yang ditentukan.

9. Pemotongan tiang pancang pada cut off level yang telah ditentukan.

b. Proses Pemancangan

1. Alat pancang ditempatkan sedemikian rupa sehingga as hammer jatuh pada patok titik pancang yang telah ditentukan.
2. Tiang diangkat pada titik angkat yang telah disediakan pada setiap lubang.
3. Tiang didirikan disamping *driving lead* dan kepala tiang dipasang pada helmet yang telah dilapisi kayu sebagai pelindung dan pegangan kepala tiang.
4. Ujung bawah tiang didudukkan secara cermat diatas patok pancang yang telah ditentukan.
5. Penyetelan vertikal tiang dilakukan dengan mengatur panjang *backstay* sambil diperiksa dengan waterpass sehingga diperoleh posisi yang betul-betul vertikal. Sebelum pemancangan dimulai, bagian bawah tiang diklem dengan *center gate* pada dasar *driving lead* agar posisi tiang tidak bergeser selama pemancangan, terutama untuk tiang batang pertama.
6. Pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara kontinyu ke atas helmet yang terpasang diatas kepala tiang.

c. Quality Control

1. Kondisi fisik tiang
 - a. Seluruh permukaan tiang tidak rusak atau retak
 - b. Umur beton telah memenuhi syarat
 - c. Kepala tiang tidak boleh mengalami keretakan selama pemancangan
2. Toleransi

Vertikalisasi tiang diperiksa secara periodik selama proses pemancangan berlangsung. Penyimpangan arah vertikal dibatasi tidak lebih dari 1:75 dan penyimpangan arah horizontal dibatasi tidak lebih dari 75 mm.
3. Penetrasi

Tiang sebelum dipancang harus diberi tanda pada setiap setengah meter di sepanjang tiang untuk mendeteksi penetrasi per setengah meter. Dicatat jumlah pukulan untuk penetrasi setiap setengah meter.
4. Final set

Pamancangan baru dapat dihentikan apabila telah dicapai final set sesuai perhitungan.

2.8 Metode Pelaksanaan Struktur

Metode pelaksanaan struktur merupakan penjabaran tata cara dan teknis persyaratan pekerjaan struktur. Adapun persyaratan teknis yang mendukung suatu metode pelaksanaan pekerjaan struktur sebelum memulai kegiatan konstruksi, seperti persyaratan struktur beton, dan persyaratan teknis metode pelaksanaan pekerjaan.

2.8.1 Persyaratan Teknis Metode Pelaksanaan

Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2009), menyusun metode pelaksanaan pekerjaan struktur, diantaranya :

- Persyaratan alat kerja dan bahan bangunan.
- Persyaratan pekerjaan bekisting.
- Persyaratan detail penulangan.
- Persyaratan pekerjaan beton.

1. Persyaratan Peralatan Kerja

Alat kerja sangat berperan penting dalam menunjang keberhasilan suatu proyek, terutama dalam membantu melaksanakan pekerjaan-pekerjaan yang sulit dikerjakan dengan tangan manusia, sekaligus mempermudah, memperlancar dan memperbesar intensitas pekerjaan, serta menghindari pemborosan waktu, biaya dan tenaga kerja. Secara ringkas peralatan digunakan untuk efisiensi biaya waktu dan tenaga kerja dalam suatu proyek sehingga proyek sangat tergantung pada peralatan yang tersedia. Oleh karena itu, perlu adanya perawatan dan pemeliharaan alat kerja untuk menghindari resiko kerusakan alat kerja, (Ary Wibowo 2011)

Dalam (SNI 03-4433-1997), menyebutkan peralatan untuk produksi beton siap pakai harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Peralatan untuk menakar harus mempunyai ketelitian $\pm 3\%$ terhadap berat semen, air atau seluruh agregat yang sedang ditakar dan ketelitian $\pm 5\%$ untuk bahan tambahan yang sedang ditakar.
- Semua alat penakar harus dirawat baik agar selalu bersih dan siap pakai.
- Semua alat penakar harus ditepatkan pada titik nolnya setiap hari dan harus dikalibrasi setiap enam bulan.
- Mesin pengaduk harus memenuhi persyaratan standar yang berlaku untuk standar lain yang disepakati bersama.

Secara umum tujuan penggunaan alat kerja dalam pelaksanaan proyek, baik itu alat berat maupun ringan bertujuan untuk :

- Mempercepat penyelesaian pekerjaan.
- Meningkatkan kualitas dan kuantitas pekerjaan.
- Meningkatkan efisiensi dan produktifitas pekerjaan.
- Mengemat biaya.

2. Persyaratan Bahan Bangunan

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (1998), bahan untuk struktur yang digunakan harus memenuhi semua persyaratan keamanan, termasuk keselamatan terhadap lingkungan dan pengguna bangunan, serta sesuai standar teknis yang terkait. Bahan yang dibuat atau dicampurkan di lapangan harus diproses sesuai dengan standar tata cara yang baku untuk keperluan yang dimaksud. Bahan bangunan perfabrikasi harus dirancang sehingga memiliki sistem hubungan yang baik dan mampu mengembangkan kekuatan bahan-bahan yang dihubungkan serta mampu bertahan terhadap gaya angkat pada saat pelaksanaan.

Penggunaan bahan yang tepat akan sangat mempengaruhi kualitas bangunan yang dikerjakan, demikian juga penyediaan bahan yang sangat sesuai dengan jadwal akan sangat mempengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan. Penyediaan bahan tambah bangunan harus sesuai dengan item pekerjaan yang telah ditentukan dalam *time schedule* (Ary Wibowo, 2004)

a. Agregat

Menurut (SNI 03-2847-2002), agregat merupakan material granular, misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik. Ketentuan dalam penggunaan pada pekerjaan struktur beton, antara lain :

- Agregat untuk beton harus memenuhi salah satu ketentuan Spesifikasi Agregat Untuk Beton (ASTM C 33)
- Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi :
 - 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
 - 1/3 ketebalan plat lantai, ataupun
 - 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, atau bundel tulangan

b. Air

Ketentuan penggunaan air berdasarkan persyaratan yang diberlakukan, dalam hal ini ditetapkan menurut (SNI 03-2847-2002), antara lain :

- Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan
- Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali memenuhi ketentuan dalam pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

c. Baja Tulangan

Ketentuan penggunaan baja tulangan berdasarkan persyaratan yang berlaku, dalam hal ini ditetapkan menurut (SNI 03-2847-2002), antara lain :

- Baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir, kecuali baja polos diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon
- Baja tulangan ulir (BJTD) harus memenuhi ketentuan Spesifikasi Untuk Baja Ulir dan Polos *Low-alloy* untuk Penulangan Beton (ASTM A 706M)
- Jaringan kawat polos untuk sengkang harus memenuhi Spesifikasi Untuk Jaringan Kawat Baja Polos Untuk Penulangan Beton (ASTM A 185).

d. Semen

Menurut (SNI 03-4433-1997), Semen untuk campuran beton dapat memakai jenis-jenis semen *Portland* yang memenuhi mutu dan cara uji semen *portland*. Bahan semen untuk campuran beton harus disimpan sedemikian rupa untuk mencegah kerusakan atau pengaruh bahan yang dapat mengganggu, setiap bahan yang telah terganggu atau terkontaminasi tidak boleh digunakan untuk pembuatan beton.

Proses pencampuran bahan tambahan yang disyaratkan, adalah sebagai berikut:

- Semua bahan beton harus diaduk secara seksama dan harus dituangkan seluruhnya sebelum pencampuran disis kembali.
- Beton siap pakai harus dicampur dan diantarkan

3. Persyaratan Pekerjaan Bekisting

Bekisting merupakan struktur sementara yang berfungsi sebagai alat bantu dalam membentuk beton dimana perkembangannya sejalan dengan perkembangan beton itu sendiri. Bekisting berfungsi sebagai acuan untuk mendapatkan bentuk profil yang diinginkan serta sebagai penampung dan penumpu sementara beton basah selama proses pengeringan. Dengan adanya inovasi teknologi dalam bidang bekisting, saat ini produksi dilakukan oleh pabrik dengan desain sedemikian rupa sehingga bekisting mudah dibongkar, dipasang serta memungkinkan untuk dimanfaatkan lebih dari satu kali (Widhyawati et.al, 2010).

Proses pembongkaran bekisting bergantung pada kecepatan mengerasnya beton, dan baru dibongkar setelah ditanyakan aman. Pembuatan dan pemasangan bekisting tergantung dari banyak faktor yang mempengaruhi yaitu bahan yang tersedia atau yang diperlukan, cara dan pengadaan tenaga kerja, tuntutan akan hasil pengerjaan yang dibutuhkan terutama terutama dalam hal akurasi dan kerapian serta biaya alat-alat yang digunakan (Widhyawati et.al, 2010).

Pengangkatan beton pada bekisting dapat dihindari dengan melumasi penampang bekisting yang bersentuhan itu dengan minyak bekisting. Namun pemakaian minyak bekisting tidak boleh terlalu banyak karena dapat merubah warna permukaan beton. Apabila papan bekisting dikerjakan dengan sederhana, maka papan bekisting dapat dipakai sekitar 3 sampai 5 kali. Sedangkan untuk balok persegi dan bulat dapat dipakai sekitar 7 sampai 10 kali. Bekisting hendaknya disusun rapih sehingga dapat dipergunakan kembali. (Widhyawati et.al, 2010).

Menurut (SNI 03-2847-2002), pelaksanaan pekerjaan harus memenuhi persyaratan yang diberlakukan. Dalam hal ini perencanaan bekisting, pembongkaran bekisting dan penopang, serta penopang kembali.

4. Persyaratan Detail Penulangan

Menurut (SNI 03-2847-2002), tulangan merupakan batang baja berbentuk polos atau berbentuk ulir yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur beton. Dalam penulangan beton terdapat berbagai tulangan sebagai komponen baja yang menjadi bahan utama dalam pekerjaan struktur, dalam hal ini :

- Tulangan polos, yaitu batangan baja yang permukaan sisi luarnya rata, tidak bersirip dan tidak berukir

- Tulangan ulir, batangan baja yang permukaan sisi luarnya tidak rata, tetapi bersirip atau berukir.
- Tulangan spiral, tulangan yang dililitkan secara menerus membentuk suatu ulir lingkaran silindris
- Sengkang, tulangan yang digunakan untuk menahan tegangan geser dan torsi dalam suatu komponen struktur, terbuat dari batangan tulangan, kawat baja persegi dan dipasang tegak lurus atau membentuk sudut terhadap tulangan longitudinal, dipakai pada komponen struktur lentur balok.

➤ **Kait Standar**

Kait standar dalam pembengkokan tulangan harus memenuhi ketentuan dalam (SNI 03-2847-2002), seperti :

- Bengkokkan 180° ditambah perpanjangan $4db$, tapi kurang dari 60 mm pada ujung bebas kait.
- Bengkokkan 90° ditambah perpanjangan $12db$ pada ujung bebas kait.
- Untuk sengkang dan kait pengikat :
 - Untuk batang D-16 mm dan yang lebih kecil, bengkokkan 90° ditambah perpanjangan $6db$ pada ujung bebas kait.
 - Untuk batang D-19 mm, D-22 mm, dan D-25 mm, bengkokkan 90° ditambah perpanjangan $12db$ pada ujung bebas kait

Keterangan :

D = jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik

db = diameter nominal batang tulangan

➤ **Diameter Bengkokan Minimum**

Diameter bengkokan minimum dalam pembengkokan tulangan harus memenuhi ketentuan dalam (SNI 03-2847-2002), dalam hal ini :

- Diameter bengkokan yang diukur pada bagian dalam batang tulangan tidak boleh kurang dari nilai dalam (Tabel 2.5), ketentuan ini tidak berlaku untuk sengkang dan sengkang ikat dengan ukuran D-10 mm hingga D-16 mm.
- Diameter dalam dari bengkokan untuk sengkang dan sengkang ikat tidak boleh kurang dari $4db$ untuk batang D-16 mm dan yang lebih kecil.
- Untuk batang yang lebih besar dari pada D-16 mm, diameter bengkokan harus memenuhi (Tabel 2.4)

Tabel 2.4 Diameter bengkokan minimum sengkang

Ukuran tulangan	Diameter minimum
D-10 sampai dengan D-25	$6d_b$
D-29, D-32, dan D-36	$8d_b$
D-44 dan D-56	$10d_b$

Sumber : SNI 03-2847-2002

➤ Cara Pembengkokan

Proses pembengkokan harus memenuhi ketentuan dalam (SNI 03-2847-2002), seperti :

- Toleransi letak tulangan longitudinal dari bengkokan dan ujung akhir tulangan harus sebesar 50 mm kecuali pada ujung tidak menerus dari komponen struktur dimana toleransinya harus sebesar 13 mm.
- Cara pembengkokan yaitu semua tulangan harus dibengkokan dalam keadaan baik. Tulangan yang sebagian sudah tertanam di dalam beton tidak boleh dibengkokan di lapangan, kecuali seperti yang ditentukan pada gambar rencana, atau diizinkan oleh pengawas lapangan.

➤ Selimut Beton

Ketentuan toleransi untuk tinggi d dan selimut beton minimum dalam komponen struktur lentur dan komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan toleransi tinggi dan selimut beton minimum dalam (Tabel 2.5).

Tabel 2.5 Toleransi tinggi dan selimut beton minimum

	Toleransi untuk d	Toleransi untuk selimut Beton minimum
$d \leq 200$ mm	± 10 mm	-10 mm
$d > 200$ mm	± 13 mm	-13 mm

Sumber : SNI 03-2847-2002

Keterangan :

d = Jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik.

➤ Batasan Spasi Tulangan

Batasan spasi tulangan harus memenuhi ketentuan, dimana tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih. Tulangan pada lapis atas harus

diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5d_b$ (diameter tulangan)

➤ **Sengkang Pengikat**

Ketentuan untuk penulangan sengkang pengikat pada komponen struktur tekan, dilaksanakan sebagai berikut :

- Semua batang tulangan non prategang harus diikat dengan sengkang dan sengkang ikat laterak, paling sedikit ukuran D-10 mm untuk tulangan longitudinal lebih kecil dari D-32 mm, dan paling tidak D-13 mm untuk tulangan D-36 mm, D-4 mm, dan D-56.
- Sengkang ikat harus diatur sedemikian hingga setiap sudut dan tulangan longitudinal yang berselang harus mempunyai dukungan lateral atau perkuatan sisi yang didapat dari sudut sebuah sengkang
- Jika terdapat balok atau konsol (satu ujungnya terpasang pada suatu penopang tetap dan ujung lainnya bebas) pendek yang merangka pada keempat sisi suatu tulangan kolom, sengkang dan sengkang ikat boleh dihentikan pada lokasi tidak lebih dari 75 mm di bawah tulangan terbawah dari balok atau konsol pendek yang paling kecil dimensi vertikalnya.

➤ **Pelindung Beton Untuk Tulangan**

Beton bertulang dengan tebal selimut beton minimum harus disediakan, dengan tulangan harus memenuhi ketentuan dalam persyaratan tebal minimum selimut beton dalam (Tabel 2.6)

Tabel 2.6 Persyaratan tebal minimum selimut beton

	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56..... Batang D-16, jaringan kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil.....	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, dinding, pelat berusuk :</u> D 16 dan yang lebih kecil..... Batang D-36 dan yang lebih kecil..... <u>Balok, kolom :</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral <u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u> Batang D-19 dan yang lebih besar..... Batang D-16, jaring kawat polos p16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	 40 20 40 20 15

Sumber : SNI 03-2847-2002

5. Persyaratan Pekerjaan Beton

Menurut (SNI 03-2847-2002), beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah luas tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Ketentuan pekerjaan beton dalam hal ini meliputi proses pemilihan dan pencampuran beton, pengantaran, pengecoran, perawatan beton setelah pengecoran, sampai pada evaluasi dan penerimaan beton.

➤ **Pemilihan Campuran Beton**

Menurut (SNI 03-2847-2002), terdapat beberapa hal yang perlu untuk diperhatikan dalam pemilihan campuran beton, dalam hal ini.

- Proporsi material untuk campuran beton harus ditentukan untuk menghasilkan sifat-sifat :
 - Kecelakaan dan konsistensi yang menjadikan beton mudah dicor kedalam cetakan dan celah di sekeliling tulangan dengan berbagai kondisi pelaksanaan pengecoran yang harus dilakukan, tanpa terjadinya segregasi berlebih
 - Ketahanan terhadap lingkungan
- Untuk setiap campuran beton yang berbeda, baik dari aspek material yang digunakan ataupun proporsi campurannya harus dilakukan pengujian.
- Proporsi beton, termasuk rasio air-semen, dapat ditetapkan sesuai dengan perancangan proporsi campuran berdasarkan pengalaman lapangan dan hasil campuran uji, yaitu :
 - Harus terdiri dari satu catatan hasil uji lapangan, beberapa catatan hasil uji kuat tekan, atau hasil uji campuran percobaan.

➤ **Pencampuran**

Menurut (SNI 03-2847-2002), pencampuran merupakan adukan antara agregat dan semen portland atau jenis semen hidraulik yang lain dan air. Dalam proses pencampuran terdapat bahan agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan utama. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5mm, sementara agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm – 40 mm.

Adukan beton yang dicampur di lapangan harus memenuhi ketentuan yang diberlakukan dalam (SNI 03-2847-2002), dalam hal ini :

- Semua bahan beton harus diaduk secara seksama dan harus dituangkan seluruhnya sebelum pencampur diisi kembali
- Beton siap pakai harus dicampurkan diantarkan sesuai persyaratan (SNI 03-4433-1997), untuk Spesifikasi Beton Siap Pakai.
- Adukan beton yang dicampur di lapangan harus dibuat sebagai berikut:

- Pencampuran harus dilakukan dengan menggunakan jenis pencampur yang telah disetujui
- Mesi pencampur harus diputar dengan kecepatan yang disarankan oleh pabrik pembuat.
- Pencampuran harus dilakukan secara terus menerus selama sekurang-kurangnya 1½ menit setelah semua bahan berada dalam wadah pencampur, kecuali bila dapat diperhatikan bahwa waktu yang lebih singkat dapat memenuhi persyaratan uji keseragaman campuran berdasarkan Spesifikasi Beton Siap Pakai (SNI 03-4433-1997)
- Pengolahan, penakaran, dan pencampuran bahan harus memenuhi aturan yang berlaku berdasarkan Spesifikasi Beton Siap Pakai (SNI 03-4433-1997)
- Catatan rinci harus disimpan dengan data-data yang meliputi :
 - Jumlah adukan yang dihasilkan;
 - Proporsi bahan yang digunakan;
 - Perkiraan lokasi pengecoran pada struktur;
 - Tanggal dan waktu pencampuran dan pengecoran.

➤ **Pengantaran**

Menurut (SNI 03-2847-2002), terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengantaran campuran beton, dalam hal ini :

- Beton harus diantarkan dari suatu tempat pencampuran ke lokasi pengecoran dengan cara-cara yang dapat mencegah terjadinya pemisahan (*segregasi*) atau hilangnya bahan.
- Peralatan pengantaran harus mampu mengantarkan beton ke tempat pengencoran tanpa pemisahan bahan dan tanpa sela yang dapat mengakibatkan hilangnya plastisitas campuran.

➤ **Pengecoran**

Menurut (SNI 03-2847-2002), terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengecoran beton, seperti :

- Beton harus dicor sedekat mungkin pada posisi akhirnya untuk menghindari terjadinya segregasi akibat penanganan kembali atau segregasi akibat pengaliran

- Pengecoran beton harus dilakukan dengan kecepatan sedemikian hingga beton selama pengecoran tersebut tetap dalam keadaan plastis dan dengan mudah dapat mengisi ruang di antara tulangan.
- Beton yang telah mengeras sebagian atau beton yang telah terkontaminasi oleh bahan lain tidak boleh digunakan untuk pengecoran
- Beton yang ditambah dengan air lagi atau beton yang telah dicampur ulang setelah pengikatan awal tidak boleh digunakan, kecuali bila disetujui oleh pengawas lapangan.
- Setelah dimulainya pengecoran, maka pengecoran tersebut harus dilakukan secara terus menerus hingga mengisi secara penuh panel atau penampang sampai batasnya, atau sambungan yang ditetapkan.
- Permukaan atas cetakan vertikal secara umum harus datar
- Semua beton harus dipadatkan secara menyeluruh dengan menggunakan peralatan yang sesuai selama pengecoran dan harus diupayakan mengisi sekeliling tulangan dan seluruh celah dan masuk ke semua sudut cetakan.
- Kondisi permukaan baja tulangan pada saat beton dicor harus bebas dari lumpur, minyak, atau segala jenis zat pelapis bukan logam yang dapat mengurangi kapasitas lekatan.

➤ **Perawatan Beton Setelah Pengecoran**

Menurut (SNI 03-2847-2002), terdapat ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perawatan beton setelah pengecoran, dalam hal ini :

- Beton harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran.
- Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu diatas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama.
- Proses perawatan harus sedemikian hingga beton yang dihasilkan mempunyai tingkata keawetan paling tidak sama dengan yang dihasilkan oleh metode perawatan pada perawatan beton setelah pengecoran.
- Bila diperlukan oleh pengawas lapangan, maka dapat dilakukan penambahan uji kuat tekan beton sesuai dengan perawatan benda uji di lapangan untuk menjamin bahwa proses perawatan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan.

➤ **Evaluasi dan Penerimaan Beton**

Dalam (SNI 03-2847-2002), menyebutkan untuk memenuhi ketentuan evaluasi dan penerimaan beton setelah pengecoran, harus melalui proses pengujian beton yang diuji coba dalam frekuensi pengujian.

a. Pengujian Beton

- Beton harus diuji dengan teknisi pengujian lapangan yang memenuhi kualifikasi harus melakukan pengujian beton segar di lokasi konstruksi.
- Menyiapkan contoh-contoh uji silinder yang diperlukan dan mencatat suhu beton segar pada saat menyiapkan contoh uji untuk pengujian kuat tekan. Teknisi laboratorium yang mempunyai kualifikasi harus melakukan semua pengujian-pengujian laboratorium yang disyaratkan.

b. Frekuensi pengujian

- Pengujian masing-masing mutu beton yang dicor setiap harinya haruslah dari satu contoh uji per hari, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 120 m^3 beton.
- Pada suatu pengerjaan pengecoran, jika volume total adalah sedemikian hingga frekuensi pengujian yang disyaratkan oleh pengujian kekuatan masing-masing mutu beton yang dicor setiap harinya hanya akan menghasilkan jumlah uji kekuatan beton kurang dari 5 untuk suatu mutu beton, maka contoh uji harus diambil dari paling sedikit 5 adukan yang dipilih secara acak atau dari masing-masing adukan bila mana jumlah adukan yang digunakan adalah kurang dari 5
- Contoh untuk uji kuat tekan harus diambil menurut metode pengujian dan pengambilan contoh untuk campuran beton segar (SNI 03-2458-1991). Benda uji silinder yang digunakan untuk uji kuat tekan harus dibentuk dan dirawat di laboratorium menurut metode pembuatan dan perawatan benda uji di lapangan (SNI 03-4810-1998), dan diuji menurut metode pengujian kuat tekan beton (SNI 03-1978-1990).
- Jika volume total dari suatu mutu beton yang digunakan kurang dari 40 m^3 maka pengujian kuat tekan tidak perlu dilakukan bila bukti

terpenuhinya kuat tekan diserahkan dan disetujui oleh pengawas lapangan.

2.9 Manajemen K3 di Proyek Industri Jasa Konstruksi

Keselamatan dan kesehatan kerja adalah suatu program yang harus diterapkan dan dilaksanakan di setiap tempat kerja di proyek industri jasa konstruksi. Yang dimaksud tempat kerja ialah ruangan atau lapangan baik yang tertutup ataupun yang terbuka, yang bergerak atau yang tetap, dimana para tenaga kerja (buruh) atau yang sering dimasuki para tenaga kerja (buruh) untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber-sumber bahaya.

Penanganan K3 yang tidak baik akan berakibat pada turunnya produktifitas. Dalam pelaksanaan kerja di proyek ada beberapa bahaya yang harus dihindari, dihindarkan, atau dicegah dan dikendalikan, yaitu bahaya yang dapat timbul pada waktu pekerja sedang aktif melaksanakan kerjanya:

1. Mesin kerja dan alat perlengkapannya.
2. Sarana perlengkapan kerja lainnya beserta perlengkapannya.
3. Lingkungan kerja yang sesak dan kurang teratur.
4. Metoda penanganan pekerjaan.
5. Sifat fisik dan mental daripada pekerjanya.

Untuk itu maka setiap perusahaan diwajibkan menetapkan standar dan ketentuan tertentu untuk menjadi pedoman dan pegangan pokok dalam pelaksanaan pekerjaan agar kecelakaan bisa dihindarkan atau minimalkan. Disamping hal-hal di atas juga harus ditetapkan norma kesehatan kerja di perusahaan yang meliputi:

1. Pemeliharaan dan mempertinggi derajat kesehatan pekerja.
2. Pemberian pengobatan, perawatan bagi pekerja yang sakit.
3. Pengaturan, penyediaan tempat kerja, cara dan syarat yang memenuhi persyaratan kesehatan di perusahaan.
4. Kesehatan kerja untuk mencegah timbulnya penyakit yang akan menimpa para pekerja baik sebagai akibat pelaksanaan kerja maupun penyakit umum.
5. Ketetapan syarat-syarat kerja bagi perusahaan yang tertuju pada perlindungan kesehatan bagi para buruhnya.

Dalam masalah kesehatan kerja di proyek harus diperhatikan sumber-sumber bahaya bagi kesehatan tenaga kerja yang bersumber dari faktor fisik, faktor kimia,

faktor biologis, dan faktor psikologis. Kelima faktor tersebut akan mempengaruhi, kesehatan tenaga kerja berupa gangguan fisik, mental dan sosial yang menyebabkan mereka tidak bisa bekerja optimal. Mengingat masalah keselamatan dan kesehatan kerja ini berkaitan dengan berbagai aspek yaitu hukum, ekonomi, dan sosial, maka pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja ini tidak mungkin hanya diserahkan kepada pengusaha tetapi harus dilakukan secara bersama-sama oleh jajaran manajemen perusahaan dengan seluruh tenaga kerja dengan diawasi langsung oleh panitia Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada setiap perusahaan yang bersangkutan.

Untuk melaksanakan dan menerapkan sistem keselamatan dan kesehatan kerja di proyek industri jasa konstruksi ada beberapa hal penting yang harus menjadi perhatian pihak manajemen/kontraktor, antara lain:

1. Memenuhi kelengkapan administrasi K3 yang terdiri dari:
 - a. Pendaftaran proyek ke Kantor Depnaker setempat.
 - b. pendaftaran dan pembayaran premi Jamsostek.
 - c. Pendaftaran dan pembayaran asuransi lainnya misalnya *construction all risk (CAR)* untuk bangunan/fisik proyek dan peralatan kerjanya, atau *personal accident (PA)* untuk petugas/orang yang melaksanakan, bila ada diisyaratkan dalam proyek.
 - d. Keterangan layak pakai alat-alat berat/ringan yang akan dioperasikan diproyek khususnya peralatan proyek khususnya peralatan yang menyangkut keselamatan umum seperti mobil bus/truk, lift pekerja, tower crane, dll.

2. Penyusunan *safety plan* (rencana K3) untuk proyek.

Safety Plan bertujuan agar proyek dalam pelaksanaannya aman dari kecelakaan dan penyakit sehingga menghasilkan produktivitas yang tinggi.

3. Kegiatan K3 di lapangan

Kegiatan K3 di lapangan adalah merupakan pelaksanaan safety plan yang harus dilaksanakan kontraktor dalam setiap proyek yang menyangkut kegiatan kerjasama dengan instansi yang terkait K3. Instansi yang dimaksud ialah Depnaker, Polisi, dan Rumah Sakit yang tujuannya ialah apabila muncul masalah K3 bisa cepat diatasi dengan baik karena adanya hubungan kerjasama tersebut.

4. Pelatihan program K3

Pelatihan program K3 terdiri dari dua bagian yaitu pelatihan tentang panduan K3 di proyek dan pelatihan tentang pengetahuan umum K3 dan *safety plan* proyek yang bersangkutan serta penjelasan tentang kegiatan proyek dan penjelasan tentang kegiatan proyek dan kemungkinan bahaya/risiko yang akan terjadi.

5. Perlengkapan dan peralatan penunjang program K3

Perlengkapan dan peralatan penunjang program K3 dalam pelaksanaan proyek meliputi beberapa hal antara lain pemakaian topi/helm proyek, sepatu, sabuk pengaman untuk pekerja di tempat yang tinggi, sarung tangan, kacamata las, obat-obatan untuk P3K. Kemudian untuk sarana lingkungan ialah berupa tabung pemadam kebakaran serta rambu-rambu peringatan.

2.10 Pengendalian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

Hal ini yang perlu diperhatikan dalam usaha pengendalian K3 adalah ketika terjadi kecelakaan, baik ringan ataupun berat, maka akan timbul biaya tak terduga yang besarnya sesuai dengan tingkat kerusakan yang ditimbulkan. Kata preventif/pencegahan adalah yang paling aman sebelum melakukan pekerjaan agar dapat terhindar dari kecelakaan.

Unsur-unsur penyebab kecelakaan terdiri atas:

- Mesin atau peralatan-peralatan mekanik
- Pengerak mula dan pompa
- Lift orang dan barang
- Pesawat pengangkat, keran, derek dongkrak, dan lainnya
- Konveyor dengan ban atau rel berjalan
- Alat transmisi mekanik poros pergerak
- Perlengkapan kerja, pahat, kapak pisau
- Pesawat uap, ketel uap, pemanas air tabung bertekanan
- Peralatan listrik, motor listrik, generator
- Bahan kimia
- Radiasi bahan radioaktif, nuklir, sinar-x yang berlebihan
- Lingkungan yang berkaitan iklim, tekanan udara, serta getaran

- Bahan mudah terbakar dan panas, minyak, gas, uap, dan lainnya
- Binatang buas

Tabel 2.7 berikut memperlihatkan data dari Departemen Tenaga Kerja mengenai persentase penyebab kecelakaan.

Tabel 2.7 Presentase Penyebab Kecelakaan

No	Faktor	Penyebab	Persentase
1	Manusia	Tingkah laku	80 %
		Tidak tahu	
		Tidak patu	
		Lalai atau alpa	
2	Alat	Pengaturan/pemakaian	15 %
		yang tidak hati-hati	
		Lalai	
3	Faktor Alam	Bencana	5 %

Pengelolaan pengendalian K3 mendapatkan prioritas. Program K3 sangat perlu karena setiap institusi, perusahaan ataupun perorangan, serta lainnya memang diwajibkan oleh undang-undang untuk melaksanakannya. Selain itu, tanggung jawab moral, pemenuhan aspek hukum, nilai ekonomi, sosial, dan lingkungan yang baik akan membuat hasil produksi memiliki nilai yang semakin tinggi karena dapat dipercaya dengan penantaan manajemen yang baik pula.

Bila K3 tidak dikelola dengan baik, perusahaan akan mendapatkan kerugian, beberapa diantaranya adalah:

- Rusaknya harta benda baik yang nyata atau tidak
- Berkurangnya tingkat kepercayaan masyarakat terhadap produk yang dihasilkan karena banyak terjadi kecelakaan
- Profesionalitas perusahaan diragukan akibat banyaknya kecelakaan yang terjadi; waktu dan biaya yang diperlukan untuk usaha pemulihannya pun tidak sedikit
- Perusahaan asuransi akan menarik diri dari penjaminan; jika tidak, premi akan dinaikan
- Pengeluaran biaya atas kecelakaan yang terjadi

- Orang yang mengalami kecelakaan akan mengalami trauma, kehilangan penghasilan, mengalami cacat tubuh, serta kehilangan rasa percaya diri sendiri

Untuk menghindari hal-hal diatas. Manajemen K3 yang sekarang perlu memperbarui pemikiran tentang sistem yang integrasi satu sama untuk mencapai kinerja proyek yang baik. Perusahaan juga harus proaktif untuk membuat sistem pengendalian K3 dalam jangka pendek, menengah dan panjang, kemudahan menentukan standart prosedur operasionalnya. Seperti telah disebutkan pada bab 1, sistem yang umum sekarang digunakan adalah OHSAS 18001:1999 yang terintegrasi dengan ISO 9000 dan ISO 14000.

Dalam pengendalian manajemen k3, bahaya-bahaya yang dapat timbul dalam melakukan pekerjaan dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Bahaya pada fisik manusia atau benda dan barang karena saling berbenturan: dalam bentuk kebisingan, radiasi, atau getaran hebat
- Bahaya akibat bahan kimia yang tersentuh, tersiram, terbakar, keracunan, ledakan atau akibat reaksi bahan kimia lainnya.
- Bahaya akibat makhluk hidup selain manusia itu sendiri adalah karena binatang buas, runtuhnya pohon besar, pandemi virus, dan lain sebagainya.

Langkah-langkah pengendalian yang dilakukan dalam sistem OHSAS 18001 : 1999 ini adalah sebagai berikut :

- Pengendalian teknis meliputi eliminasi, pencegahan dan penanggulangan terhadap kecelakaan.
- Pengendalian administratif, dokumen-dokumen mengenai prosedur operasional berupa instruksi kerja, daftar pemeriksaan, serta kelengkapannya tersimpan rapi agar dapat dievaluasi setiap saat.
- Pelatihan bagi semua karyawan sesuai dengan kondisi lapangan pekerjaan yang ditangani dilakukan secara berkala.
- Penerapan K3 yang proaktif untuk memotivasi pekerja agar lebih giat dan merasa aman dan nyaman dalam bekerja.
- Pemakaian peralatan/instalasi yang hati-hati dan sesuai prosedur.

Pengendalian K3 menggunakan OHSAS 18001:1999 meliputi:

- Tujuan : sasaran dan program K3 terdokumentasi dengan baik.

- Pertimbangan kondisi hukum setempat, tingkat resiko bahaya yang ditimbulkan, memilih teknologi yang dipakai, serta memnuhi standart prosedur operasinal.
- Selalu melakukan perbaikan-perbaikan dalam mengenai K3 serta konsisten dengan kebijakan-kebijakan yang telah dibuat.
- Berada di bawah suatu depertemen dalam intelektual perusahaan denga kerap mengadakan pelatihan-pelatihan bagi karyawan baru serta pelatihan lanjutan untuk karyawan lama.
- Menggunakan teknologi terbaik sebagai usaha untuk mencegah dan menanggulangi kecelakaan kerja.
- Melakukan evaluasi secara berkala terhadap hasil kerja dan membuat inovasi-inovasi untuk program K3 pada pekerjaan selanjutnya.
- Membuat standart prosedur operasional yang baku bagi perusahaan sesuai dengan bidang yang dikelola.
- Rapat evaluasi Tingkatkan Manajemen dilakukan sebagai usaha untuk memperbaiki kebijakan-kebijakan yang telah dibuat
- Agar mutu terjamin dengan biaya yang ekonomis serta waktu yang tepat jadwal, program-program K3 harus terpadu. Dengan demikian, masing-masing pekerjaan dalam skala proyek yang cukup besar akan terintegrasi dalam satu program yang saling melengkapi.

Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam pengendalian adalah melakukan pengawasan, pemeriksa/inspeksi, dan melakuakan tindakan koreksi bila ada penyimpangan. Tabel 2.8 menunjukkan daftar periksa sederhana yang digunakan sebagai pencegahan dini sebelum melakukan pekerjaan.

Tabel 2.8 Daftar periksa pencegahan K3

No	Daftar Periksa	Kondisi	
		baik	buruk
Stndart Perlengkapan Kerja			
1	Sabuk pengaman		
2	Topi helm		
3	Pakaian kerja		
4	Perlengkapan dan peralatan kerja		
5	Tabung pemadam kebakaran		
6	Tempat penyelamatan darurat		
7	Hidran penyaluran air		

8	Teknologi yang dipakai		
9	Baju khusus tahan api atau cairan kimia		
Standart Pekerja			
10	Kesehatan pekerja		
11	Jaminan asuransi		
12	Kesejahteraan dan insentif pekerja		
13	Motivasi, etos dan semangat pekerja		
14	Kemampuan/skill		
15	Kesesuaian dengan tingkat pendidikan		
16	Keikutsertaan dalam pelatihan		
Standart Kondisi Tempat Bekerja			
17	Tingkat keamanan/kenyamanan		
18	Kemudahan akses		
19	Keadaan lingkungan setempat		
20	Akses untuk akomodasi		
21	Eliminasi terhadap bahaya kebisingan,		
	Radiasi, endemi malaria atau virus lainnya		
22	Kondisi instalasi tempat bekerja		
23	Kemudahan penggunaan peralatan		
24	Fasilitas medis		

Masing-masing daftar pemeriksaan tersebut dapat disesuaikan dengan tingkat kebutuhan perusahaan, biaya yang ada, serta kemampuan penggunaan peralatan dan teknologi yang akan dipakai dalam penerapan sebagai pencegahan dini terhadap bahaya kecelakaan. Daftar pemeriksaan yang telah diaudit nantinya dapat menjadi masukan bagi pengawas yang bertanggung jawab. Pengawas selalu melakukan koordinasi dengan pihak yang membahayakan keselamatan kerja segera dicari penyelesaiannya. Dengan demikian, tidak perlu terjadi kecelakaan akibat keterlambatan dan kelalaian dalam mengantisipasi bahaya yang akan mungkin timbul.

Usaha pencegahan dapat pula dilakukan dengan mengidentifikasi risiko-risiko yang bakal timbul, berdasarkan catatan dokumen yang sudah terjadi sebelumnya, seperti diuraikan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Matriks Identifikasi Risiko Pengalaman Sebelumnya

No	Identifikasi Risiko	Tingkat Keparahannya			
		Sangat tinggi	tinggi	Sedang	rendah
X1	Akibat Peralatan		x		
X2	Akibat Kelalaian Kerja	X			
X3	Akibat Kesalahan Prosedur Kerja		X		
X4	Akibat Kesalahan Institusi Kerja		X		
X5	Akibat Kesalahan Manusia		X		
X6	<i>Force Majeure</i>	X			
X7	Skil Karyawan Baru			X	

Bila dalam usaha pengendalian pencegahan dini tetap terjadi kecelakaan kerja, tentunya diperlukan suatu usaha untuk menanggulangnya agar tingkat kerugian yang ditimbulkan dapat seminimal mungkin. Tabel 2.10 di bawah ini mencantumkan tingkat keberhasilan menanggulangi kecelakaan.

Tabel 2.10 Usaha Penanggulangan Terhadap Kecelakaan

No	Penyebab Kecelakaan Kerja	Tingkat Keberhasilan Penganggulangan			
		Sangat tinggi	tinggi	Sedang	rendah
X1	Kesalahan Prosedur		x		
X2	Melakukan Pekerjaan Membahayakan		X		
X3	Kebakaran			X	
X4	Tidak Sesuai Instruksi Kerja		X		
X5	Pemakaian Peralatan			X	
X6	<i>Force Majeure</i>				X

1. **Kesalahan prosedur:** dapat terjadi setiap saat pada karyawan ketika melakukan pekerjaan karena penggunaan peralatan baru atau tidak membaca dengan teliti prosedur penggunaan peralatan dan instalasi sehingga menyebabkan kecelakaan yang dapat merugikan. Usaha yang perlu dilakukan untuk menaggulangnya, berdasarkan pengalaman sebelumnya yang terlihat pada tabel 4.17 adalah melakukan pelatihan tentang penggunaan alat serta cara penanggulangan bila ada bahaya yang timbul. Bila kecelakaan terjadi juga, hendaknya operator peralatan yang berpengalaman mengambil alih pekerjaan secepatnya.
2. **Melakukan pekerjaan membahayakan:** buruh-buruh pada *highrise building* dimana standart pengamanan diri tidak terpenuhi. Terhadap pihak

kontrktor yang tidak menyediakan peralatan pengaman dapat dikenakan sanksi, dan bila pekerja yang salah, maka perawatan medis tetap dilakukan.

3. **Kebakaran:** dapat terjadi karena hubungan pendek pada listrik atau percikan api dari sumber lainnya. Pada tiap-tiap titik rawan kebakaran hendaknya detektor harus ada dan diaktifkan, dan tabung pemadamnya berada di tempat. Bila terjadi kebakaran, tindakan awal adalah membunyikan alarm dan melapor kepada kantor pemadam kebakaran.
4. **Tidak sesuai instruksi kerja:** pekerja yang lalai atau tidak memahami instruksi kerja tertulis dapat membahayakan dirinya sendiri dan orang lain. Kondisi ini dapat ditanggulangi dengan pengawasan ketat terhadap pekerja yang sering lalai atau berpotensi lalai dalam melakukan pekerjaan.
5. **Pemakaian peralatan:** pemakaian peralatan yang tidak hati-hati dapat membahayakan operator maupun orang di sekitarnya. Bila terjadi kecelakaan, operator senior hendaknya mengambil alih operasional dan menonaktifkannya.
6. **Force Majeure:** bencana alam tidak dapat ditolak, karena itu usaha penanggulangannyadilakukan dengan koordinasi pemerintah setempat selain melakukan upaya tindakan penyelamatan diri.

Dalam keadaan darurat di suatu tempat/gedung, *master control* harus siap di tempat dan melakukan pengamanan standart darurat serta memerintahkan bawahaannya untuk memberikan pertolongan pertama pada setiap orang di lokasi tersebut untuk memberi peringatan dan arahan untuk mencapai tangga/jalan darurat.

Agar hal-hal tersebut tidak terulang, maka diperlukan suatu usaha sebagai berikut:

- Peralatan dan tanda-tanda identifikasi keadaan darurat untuk gempa, kebakaran, buruh mogok, insiden oleh tamu, dan lain sebagainya.
- Prosedur penanganan keadaan darurat dengan membuat instruksi kerja keadaan darurat.
- Adanya perlengkapan dan pengendalian alat-alat keadaan darurat.
- Melakukan uji coba berkala terhadap prosedur keadaan darurat, melakukan dokumentasi, evaluasi dan tindak lanjut.
- Memeriksa prosedur yang tersedia atas kesesuaiannya dengan keadaan darurat.

