

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Baja dan Sistem *Hybrid*

Struktur baja merupakan struktur yang terbuat dari kombinasi terorganisir dari baja struktural yang diatur dan dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan arsitektur maupun sebagai elemen utama struktur yang menahan beban, sedangkan pengertian *hybrid* sendiri adalah istilah yang diambil dari bahasa Inggris yang mempunyai arti campuran atau cangkakan. Penggunaan istilah *hybrid* pada suatu sistem dapat berbeda-beda penerapannya seperti contoh pada mobil *hybrid* artinya mobil dengan kemampuan penggerak mesin dari 2 sumber energi yang berbeda bahan bakar berkarbon (konvensional) dan listrik yang lebih ramah lingkungan, dapat diartikan dalam pengertian teknologi istilah *hybrid* adalah penggabungan dua hal yang berbeda untuk menghasilkan sesuatu yang mengandung nilai guna karena memiliki sifat ataupun karakteristik tersendiri.

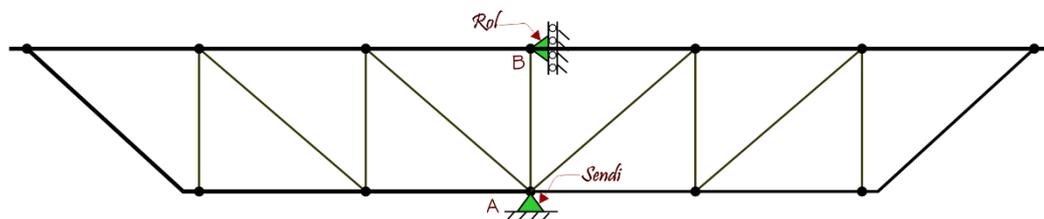
Sama halnya pada penggunaan struktur baja *hybrid* yaitu suatu sistem struktur yang mengkombinasikan antara dua kinerja karakteristik yang berbeda antara beton bertulang dan baja yang menghasilkan suatu kelebihan tertentu yaitu tidak memerlukan pengecoran pada bagian kantilever kepala pilar sehingga proses pengerjaan menjadi lebih cepat, pemodelan kepala pilar (*pier head*) menggunakan rangka baja sedangkan badan pilar menggunakan beton bertulang, namun dalam prosedur desain dan konstruksi tetap mengacu pada persyaratan dan ketentuan masing-masing yang sudah berlaku.

2.1.1 Struktur Baja Sistem *Hybrid*

Struktur baja yang sebagian areanya bekerja sama atau tertanam (*embedded*) pada struktur beton bertulang, pemodelan kepala pilar (*pier head*) dibuat terpisah menggunakan rangka baja atau dianggap sebagai struktur yang terisolasi dengan badan pilar tumpuan rangka bidang baja ada di titik A (sendi) dan titik B (rol) yang berfungsi sebagai tahanan arah lateral (lihat gambar 2.1). Sistem sambungan rangka baja menggunakan las sekuat profil yang dibuat di workshop untuk

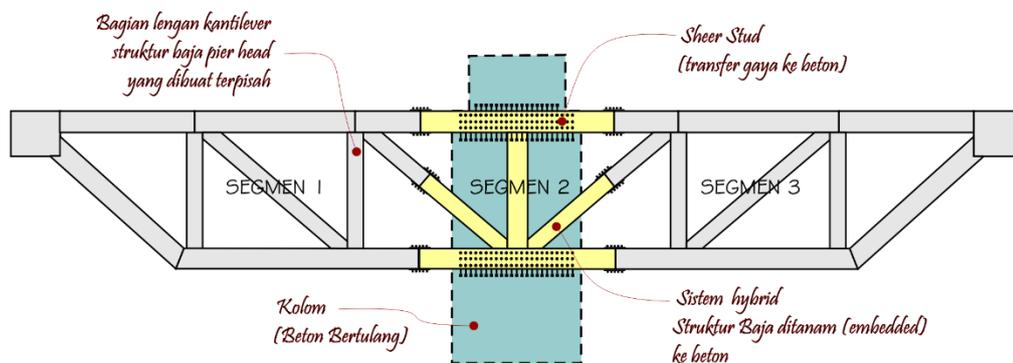
sambungan antar segmen menggunakan baut mutu tinggi yang didesain sekuat profil dengan mekanisme slip-kritis, perletakan struktur baja menggunakan sistem tertanam (*embedded*) ke dalam beton pada bagian segmen-2 (lihat gambar 2.2) sistem ini dianggap sambungan terbaik antara beton dan baja.

Distribusi gaya-gaya akibat beban yang diterima kepala pilar dan reaksi dari rangka baja akan disalurkan pada beton menggunakan *sheer stud* karena berfungsi untuk tranfer gaya sehingga gaya yang bekerja pada struktur atas dapat disalurkan sampai dengan pondasi, *sheer stud* juga berguna untuk memberikan kekangan lateral pada struktur, mekanisme transfer gaya dari baja ke beton dianggap terjadi pada bidang permukaan beton sebesar A_2 dibawah bidang tumpu baja A_1 sesuai ketentuan J8 (AISC 2010) atau sesuai 10.14 (ACI 2011) (lihat gambar 2.3). Sistem rangka baja kantilever tersebut dapat bekerja memikul beban tanpa interaksi atau pengaruh *pier* beton, gaya-gaya batang tarik atau batang tekan pada rangka baja kantilever dapat saling menyeimbangkan satu sama lain dan tidak dipengaruhi beton, oleh sebab itu dalam jangka panjang tidak perlu ada kekuatiran akan terjadinya tambahan *deformasi* akibat rangkai (*creep*).



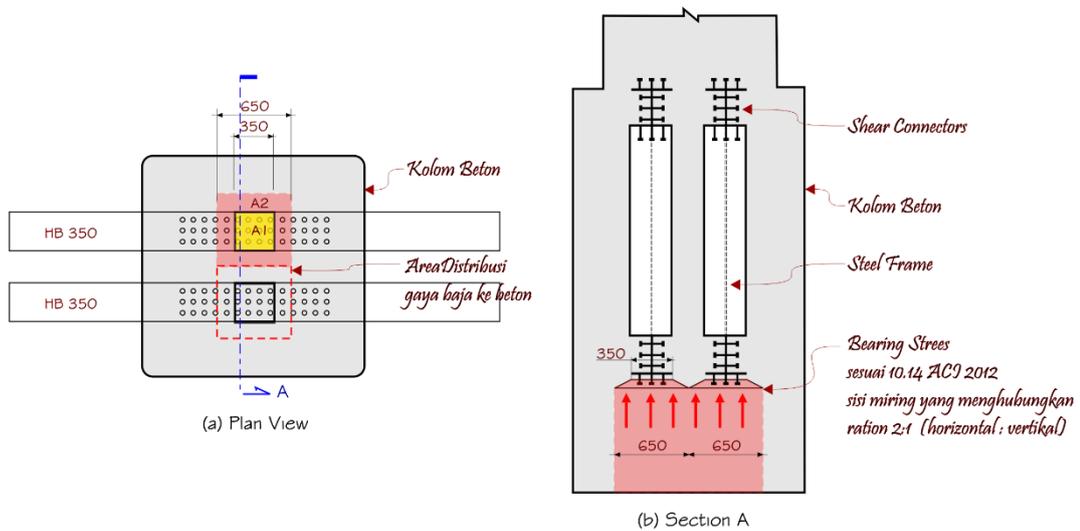
Gambar 2.1 Pemodelan Rangka Baja Hybrid

(Sumber : Jurnal Wiryanto Dewobroto)



Gambar 2.2 Struktur Baja Sistem Hybrid

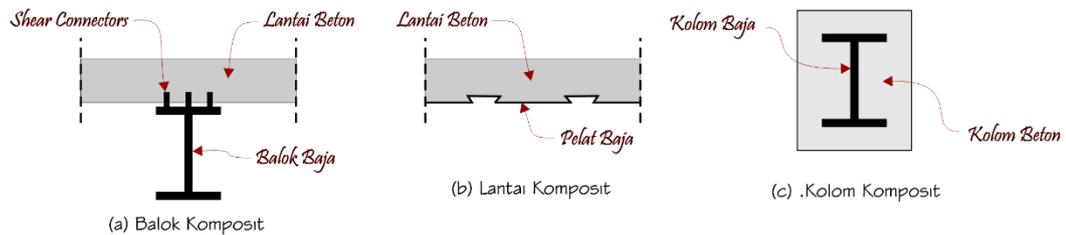
(Sumber : Perencana Djaya Editor Penulis)



Gambar 2.3 Distribusi gaya pada bidang tumpu baja (A_1) dan Beton (A_2)
(Sumber : Jurnal Wiryanto Dewobroto Editor Penulis)

2.1.2 Perbedaan Struktur Baja *Hybrid* dan Struktur Komposit

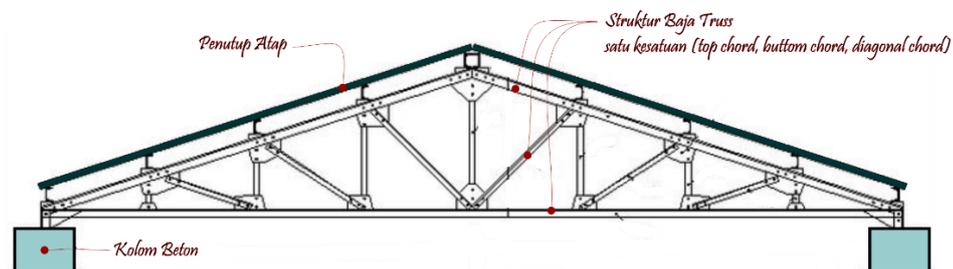
Ada sedikit persamaan antara struktur komposit dan Struktur Baja *hybrid* yaitu saling bekerja sama dengan dua karakteristik material yang berbeda, namun dapat dibedakan berdasarkan besaran hubungan kinerja keduanya (baja dan beton). Struktur komposit dapat didefinisikan dibentuk oleh elemen baja dan beton, dengan memanfaatkan perilaku interaktif yang terjadi antara baja dan beton, serta memobilisasikan kemampuan optimal dari masing-masing bahan dalam memikul beban, catatan beton bertulang tidak termasuk ke dalam struktur komposit walaupun saling bekerja menahan gaya tarik dan gaya tekan SNI-03-2847-2002. Dapat dilihat pada gambar 2.1 balok komposit diikat dengan suatu penghubung (*shear connectors*) sehingga beton dan baja dapat bekerja bersama-sama membentuk suatu kesatuan seperti balok T, pada lantai komposit pelat baja dan lantai beton bersama-sama menahan beban struktur lantai, pada kolom komposit berlaku hal yang sama kolom baja diselubungi oleh beton dan bersama-sama menahan gaya-gaya yang terjadi didalam struktur kolom.



Gambar 2.4 Struktur Komposit antara Baja dengan Beton
(Sumber: R.P Jhonson *Composite Structures*)

2.1.3 Struktur Baja non *Hybrid*

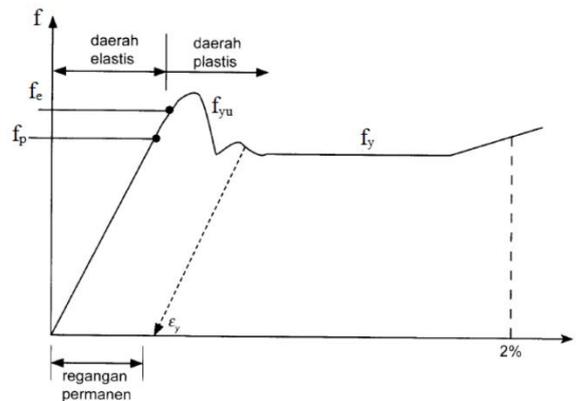
Suatu rangkaian struktur yang terdiri dari batang-batang baja profil yang dirangkai sedemikian rupa dan disambung menggunakan sambungan las, baut atau jenis lainnya sesuai yang disyaratkan. Dapat lihat pada gambar 2.3 struktur baja secara keseluruhan berdiri sendiri menjadi satu kesatuan tanpa dikombinasikan atau campuran dengan bahan material lain.



Gambar 2.5 Struktur Baja Truss (*non hybrid*)
(Sumber : Google Images)

2.1.4 Material Baja

Untuk dapat mengetahui perilaku dari struktur baja, maka perlu mengetahui dan memahami sifat mekanik dari baja itu sendiri, antara lain baja memiliki sifat kekuatan, kelenturan, kealotan, kekerasan dan liat (*toughness*), pengertian material baja adalah logam campuran dari besi (Fe) dan karbon (C) dan itulah yang membedakan antara material baja dan besi yaitu terletak pada kadar kandungan carbon nya. Sifat kekuatan material baja terletak pada kuat tariknya, jika baja diberi suatu beban maka baja akan mengalami yang namanya regangan dan tegangan (hukum hook).



Gambar 2.6 Kurva Tegangan dan Regangan
(Sumber : Sudarno P Tampubolon, Struktur Baja-1)

Dimana;

f_p : batas proporsional

f_e : batas elastis

f_{yu}, f_y : tegangan leleh atas dan bawah

f_u : tegangan putus

hubungan antara regangan dan tegangan ini lah menjadi acuan dalam penggunaan material baja pada perencanaan struktur baja secara keseluruhan.

2.2 Struktur Beton Bertulang (Konvensional)

Struktur beton bertulang adalah material komposit dimana tulangan baja disusun kedalam beton sedemikian rupa, berfungsi menahan gaya tarik pada struktur. Kedua material tersebut bekerja sama untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada elemen tersebut. kombinasi kedua material menjadikan beton bertulang mempunyai sifat yang sangat kuat terhadap gaya tekan dan tarik.

Menurut (Asroni, 2010) secara sederhana, beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan juga dapat ditambahkan zat lain (*admixture*) untuk meningkatkan kinerja beton itu sendiri.

2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi, dalam keadaan segar, beton dapat dibentuk sesuai dengan ukuran yang direncanakan, secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah:

Kelebihan

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Mampu memikul beban yang berat berupa gaya tekan
- c. Tahan terhadap temperature yang tinggi
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil
- e. Biaya pembuatan lebih murah

Kekurangan

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Berat
- d. Daya pantul suara yang besar
- e. Tidak mampu memikul gaya tarik

2.4 Pekerjaan Beton

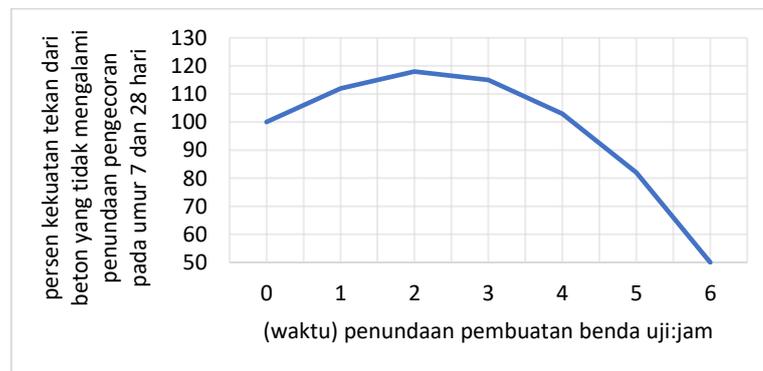
Dalam pelaksanaan pekerjaan beton (penuangan beton), perlu dihindari terjadinya *segregasi* dan *bleeding*, terutama *segregasi* yaitu kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton hal ini nantinya berhubungan dengan penentuan titik jatuh beton segar yang berkaitan dengan metode kerja secara keseluruhan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penuangan;

2.4.1 Hal-hal yang perlu diperhatikan (PB,1989:28), yang terkait dengan penentuan metode kerja :

- a. Campuran yang akan dituangkan harus ditempatkan sedekat mungkin dengan cetakan akhir untuk mencegah segregasi karena penanganan kembali atau pengaliran adukan
- b. Pembetonan harus dilaksanakan dengan kecepatan penuangan yang diatur sedemikian rupa sehingga campuran beton selalu dalam keadaan plastis dan dapat mengalir dengan mudah ke dalam rongga di antara tulangan

- c. Setelah penuangan campuran beton dimulai, pelaksanaan harus dilakukan tanpa henti hingga diselesaikan penuangan suatu panel atau penampang, yang dibentuk oleh batas-batas elemennya atau batas penghentian penuangan yang ditentukan
- d. Beton yang dituangkan harus dipadatkan dengan alat yang tepat secara sempurna dan harus diusahakan secara maksimal agar dapat mengisi semua rongga beton
- e. Tinggi jatuh tidak boleh lebih dari 1.50 meter, jika terjadi jarak lebih besar maka perlu ditambahkan alat bantu seperti tremi atau pipa

Jika terjadi penundaan pada saat penuangan beton, maka batas toleransi sesuai dengan lama waktu pengikatan beton yaitu 2 jam pengikatan awal dan 4 jam pengikatan akhir. Dengan penundaan selama 2-2.5 jam kuat tekan beton masih dapat tercapai, (lihat gambar grafik waktu pengikatan beton).



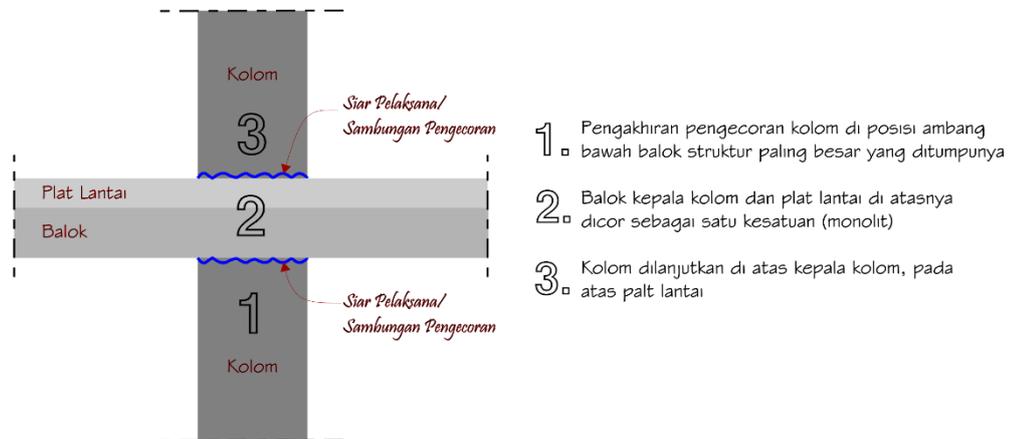
Gambar 2.7 Grafik Kekuatan Beton yang mengalami penundaan pengecoran
(Sumber : Ir. Tri Mulyono, Teknologi Beton)

2.4.2 Siar Pelaksanaan (*Construction Join*)

Kompleksitas dan besarnya suatu struktur konstruksi bangunan secara keseluruhan, pada dasarnya sulit dilakukan pelaksanaan pengecoran sekaligus dalam satu kali pengecoran. Oleh karena itu dalam pelaksanaannya perlu dipersiapkan siar pelaksana atau disebut juga dengan sambungan pengecoran.

Dalam SNI 03-2847-2002 penentuan posisi siar pelaksana/sambungan pengecoran terletak pada posisi gaya geser minimum suatu elemen struktur untuk

menjamin kelekatan dan friksi/tahanan gesekan yang memadai sehingga struktur secara umum dapat dinyatakan sebagai struktur yang menyatu.



Gambar 2.8 Penentuan Siar Pelaksana / Sambung Pengecoran secara praktis (Sumber : SNI 03-2847-2002)

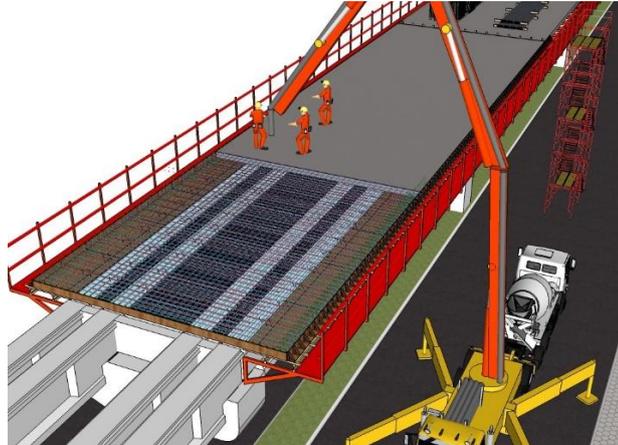
2.4.3 Pengecoran Beton dengan Pemompaan

Pengecoran beton dengan pemompaan melalui pipa harus memenuhi beberapa syarat yaitu campuran dengan sifat pengerjaan sedang dengan ukuran agregat tidak lebih dari 40 mm, pengawasan yang ketat, bahan tambahan yang memperbesar sifat plastis dari beton segar. Adapun manfaat dari penggunaan sistem pemompaan antara lain:

- pengurangan tenaga kerja
- hasil baik jika dipersiapkan dengan baik
- produksi kerja tinggi

2.4.4 Jenis-jenis Pompa Beton

Adapun jenis pompa beton secara garis besar dibedakan 2 tipe yaitu pompa pneumatik dan pompa peras-tekan, alat pompa ini dilengkapi dengan pipa-pipa penghantar beton. Namun yang paling sering digunakan pada pekerjaan *elevated* adalah alat *concrete pump*.



Gambar 2.9 Ilustrasi proses pemompaan beton menggunakan *concrete pump*
(Sumber : Kontraktor PT. Waskita Karya)

2.5 Acuan dan Perancah (*formworks*)

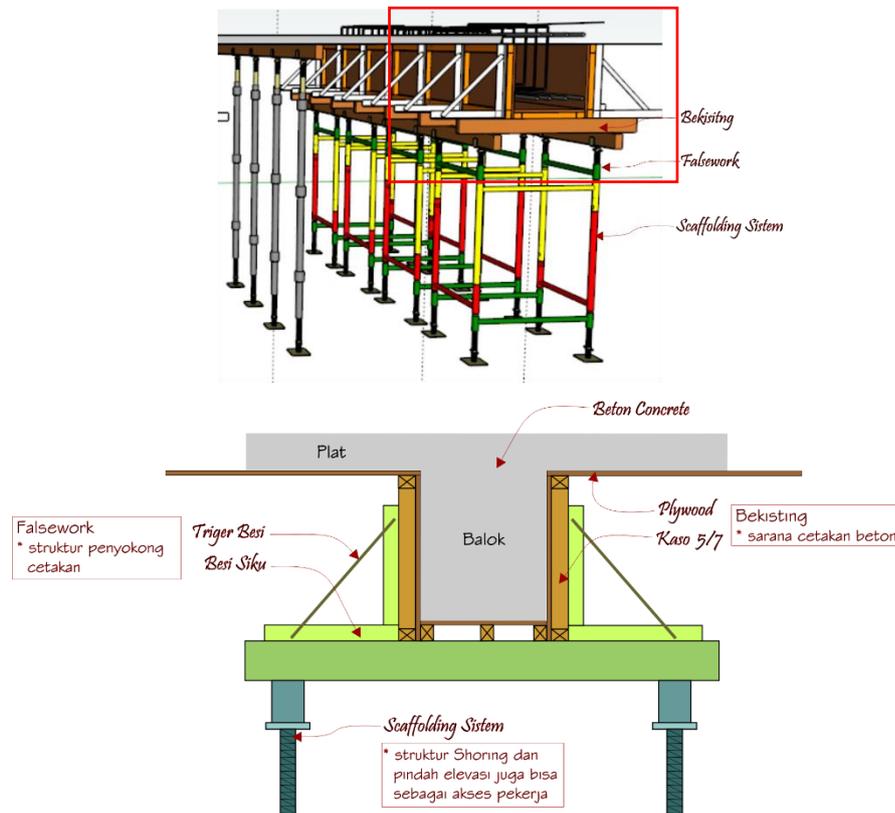
Acuan dan perancah (*formworks*) adalah suatu konstruksi yang bersifat sementara pada pelaksanaan pekerjaan beton yang berfungsi untuk membentuk beton sesuai dengan ukuran dan tempat kedudukannya atau dapat juga disebut suatu konstruksi yang merupakan cetakan. Agar beton yang dibentuk benar-benar sesuai dengan rencana maka perlu dilakukan pemeriksaan kekuatan dari acuan dan perancah (*formworks*). Selain itu, perlu diperhatikan tingkat kebersihan dari cetakan (bekisting) dan tulangan, agar tidak ada bahan-bahan yang dapat mengganggu beton. Terdapat 2 jenis beban yang terjadi pada sebuah perancah yaitu beban vertikal dan horizontal, beban vertikal adalah beban yang ditahan oleh konstruksi penopang sedangkan beban horizontal adalah bobot akibat angin.

2.5.1 Pembagian Acuan dan Perancah

Adapun Acuan dan perancah secara garis besar terbagi ke 3 bagian yaitu:

1. Bekisting (*formworks*) : sarana cetakan untuk mencetak beton segar sesuai dengan bentuk dan ukuran perencanaan. Dan setelah melewati waktu tertentu atau mencapai umur beton minimum sehingga dapat menanggung beban sendiri, maka bekisting (*formworks*) akan dilepas dan dirakit kembali dibagian lain bangunan/konstruksi.
2. *Falsework* : struktur penyokong agar beban-beban pada cetakan dapat diteruskan ke fondasi/penahan lainnya biasa disebut dengan *shoring*

3. *Scaffolding* : adalah struktur yang digunakan oleh pekerja untuk pindah elevasi dengan/tanpa membawa peralatan/material atau berfungsi sebagai jalan akses pekerja



Gambar 2.10 Sistem dan bagian *Formworks*
(Sumber : Jurnal Univeristas Muahmmadiyah Malang)

2.5.2 Faktor Pertimbangan dalam Menentukan Sebuah Metode

Banyak faktor pertimbangan dalam memutuskan sebuah metode kerja yang akan digunakan pada suatu konstruksi antara lain faktor kondisi sekitar, waktu pelaksanaan, peralatan dan material dan lain-lain. Namun pada akhirnya faktor yang paling menentukan dipilihnya suatu metode kerja yaitu sisi ekonomis dan durasi waktu pelaksanaannya, dikarenakan dua faktor ini sangat menentukan keberhasilan dari suatu proyek konstruksi. Menurut G Navy terdapat 3 faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan suatu metode yaitu:

1. Keadaan Bangunan : sistem perkuatan sebuah bekisting menjadi komponen utama dalam keberhasilan mendapatkan ukuran struktur yang berkualitas

2. Keluasan Bangunan : pekerjaan yang bahan materialnya dapat digunakan secara berulang atau memiliki siklus pergerakan material yang dapat disesuaikan dengan luas bangunan
3. Kesiapan Alat dan Material : mencari kemudahan dalam memperoleh bahan material maupun alat yang akan digunakan untuk metode bekisting tersebut

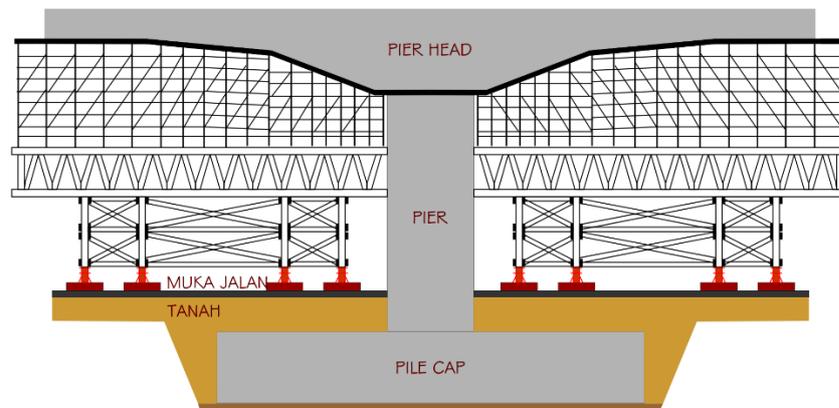
2.5.3 Sistem Metode Bekisting (*formworks*)

Menurut Wigbout (1992) sistem metode bekisting terbagi 3 jenis yaitu:

1. Bekisting Sistem (*flying form*) : bekisting yang elemennya dibuat dan dikerjakan dipabrik dan sebagian besarnya berkomponen dari besi atau baja yang memiliki modular dengan bentang-bentang *standard* dan biasanya dapat diperoleh dengan jasa penyewaan.
2. Bekisting Non-Sistem (*convensional form*) : jenis ini yang sering dijumpai dan digunakan pada konstruksi bangunan, terbuat dari material kayu dan diproduksi manual
3. Bekisting Semi-Sistem (*semi system form*) : bekisting ini merupakan gabungan dari bekisting sistem dan bekisting konvensional, terbuat dari material kayu yang diperkuat oleh material lain. Pada bekisting ini sistem penyangganya terbagi ke dalam 2 katagori yaitu sistem full shoring dan sistem bracket

2.5.4 Penyokong Bekisting Sistem *Full Shoring*

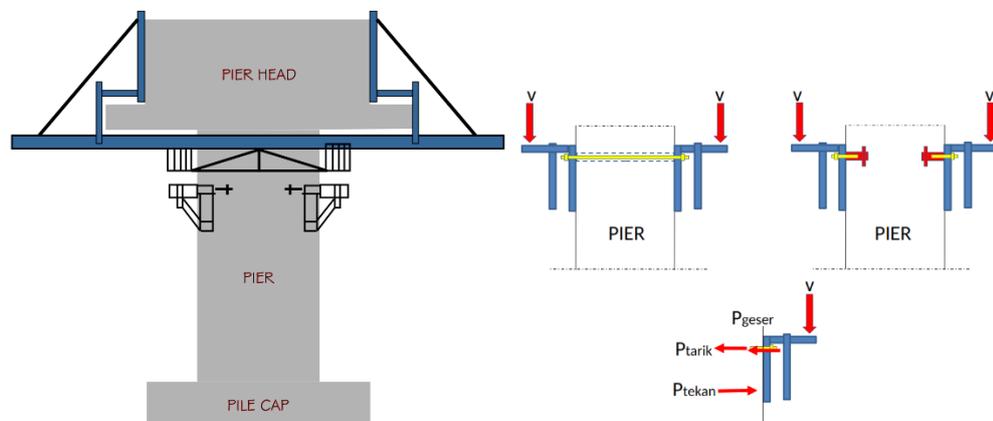
Bekisting sistem *full shoring* yang artinya seluruh beban vertikal, diterima oleh sistem pelat dan balok yang kemudian akan diteruskan ke sistem fondasi melalui elemen vertikal, elemen vertikal tersebut harus dapat diatur panjangnya disesuaikan dengan kebutuhan, apabila menggunakan lebih dari satu sistem struktur harus dapat dijamin hubungan antara strukturnya cukup stabil sehingga dapat mengalirkan beban dengan baik



Gambar 2.11 *Formworks Semi System form Full Shoring*
(Sumber : Dr. Ir. Awal Suro, MT Training Workshop)

2.5.5 Penyokong Bekisting Sitem *Bracket*

Dengan sistem *bracket*, beban vertikal diterima oleh *bracket* dan diteruskan ke fondasi oleh struktur permanen dimana *bracket* tersebut terpasang, kekuatan sistem ini bertumpu sepenuhnya pada angkur yang ditanam pada struktur permanen (*pier*) termasuk dalam sistem ini adalah sistem *slipform*.



Gambar 2.12 *Formworks Semi System Form Bracket*
(Sumber : Dr. Ir. Awal Suro, MT Training Workshop)

2.6 Analisa Perkuatan Bekisting

Bekisting dirancang untuk mampu menahan beban beton basah, beban pekerja maupun alat dalam proses pengecoran, oleh karena itu bekisting beserta perkuatannya harus dianalisa dan akhirnya dapat menahan beban segala arah yang mungkin terjadi tanpa mengalami deformasi yang berlebihan dan juga harus memenuhi syarat stabilitas tinjauan dari segi keamanan pemakaian material.

Tabel 2.1 Rumus Perhitungan Dasar Perkuatan Bekisting

Kontrol Hitungan	Balok 2 Tumpuan	Balok Menerus	Balok Kantilever
Momen	$M = \frac{1}{8} qL^2$	$M = \frac{1}{10} qL^2$	$M = \frac{1}{2} qL^2$
Tegangan Lentur	$\alpha = \frac{M}{W}$	$\alpha = \frac{M}{W}$	$\alpha = \frac{M}{W}$
Lendutan	$\delta = \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I}$	$\delta = \frac{1}{145} \times q \times \frac{L^4}{E \times I}$	$\delta = \frac{1}{8} \times q \times \frac{L^4}{E \times I}$

(Sumber : (Sumber : SNI 03-2847-2002)

2.7 Metode Kerja / Pelaksanaan

Dalam industri konstruksi kita mengenal beberapa jenis bangunan antara lain adalah bangunan gedung, jalan, lapangan terbang, terowongan, kereta api, jembatan dan lain-lain. Setiap jenis bangunan tersebut mempunyai metode pelaksanaan yang secara garis besarnya berbeda-beda, tetapi untuk bagian-bagian pekerjaannya secara prinsip adalah hampir sama, misalnya untuk kegiatan pembetonan pada pekerjaan gedung dan bendungan hampir sama, untuk kegiatan pemotongan tanah pada pekerjaan *basement* dan jalan juga hampir sama, yang membedakannya adalah metode kerja pelaksanaannya, dikarenakan setiap kegiatan tersebut memiliki kondisi medan dan volume pekerjaan yang berbeda-beda.

Didalam era pembangunan yang terus menerus berlanjut perlu juga adanya upaya menemukan metode kerja dalam pelaksanaan yang paling efektif dan efisien suatu metode kerja/pelaksanaan akan mempengaruhi durasi waktu penyelesaian pekerjaan tersebut, semakin lama durasi akan semakin besar pula biaya dan waktu yang diperlukan, oleh sebab itu suatu metode kerja yang efisien belum tentu efektif dan juga sebaliknya dikarenakan waktu pelaksanaan pekerjaan terikat pada kontrak durasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, keterlambatan akan berakibat pada denda dan kerugian materil lainnya.

2.8 Penjadwalan (*Time Schedule*)

Schedule atau penjadwalan adalah unsur yang paling penting didalam pelaksanaan proyek konstruksi unsur pembuatannya merupakan peramalan (*forecasting*) dengan didasari pada logika-logika teknis yang baik agar tidak terjadi deviasi yang terlalu besar terhadap waktu aktual penyelesaian. Penjadwalan atau *schedule* ibarat sebuah peta dalam perjalanan tanpa pengetahuan membaca peta dengan baik maka perjalanan dapat tidak sesuai dengan tujuan sehingga akan menghabiskan banyak waktu, bahan bakar, sehingga dapat diidentifikasi bahwa proyek yang dilakukan mengalami kegagalan. Melakukan penjadwalan adalah berfikir secara mendalam melalui berbagai persoalan, menentukan metode, menguji jalur-jalur yang logis, menyusun berbagai macam tugas yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap dengan rangkaian waktu yang tepat.

Unsur-unsur penyusun penjadwalan (*time schedule*) antara lain:

- a. Kegiatan atau tugas
- b. Waktu
- c. Sumber Daya
- d. Biaya sebagai target didalam pelaksanaan nantinya

2.9 Jenis-jenis *Time Schedule*

Ada banyak metode dalam membuat perencanaan waktu pekerjaan, agar dapat berfungsi sesuai dengan tujuannya yaitu sebagai alat mengukur, menilai dan mengevaluasi serta pengontrol dalam penyediaan tenaga kerja, alat dan material. Adapun jenis-jenis *time schedule* antara lain:

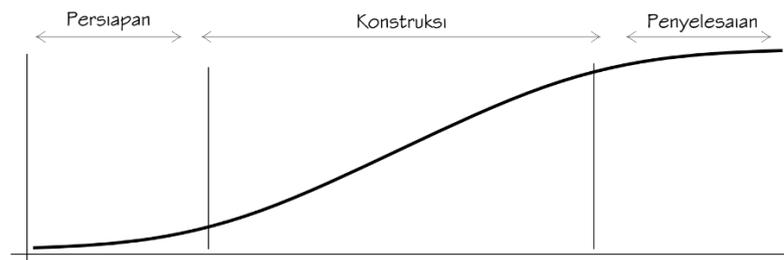
1. Bagan Balok (*Bar Chart*)
2. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)
3. Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*)
4. PDM (*Precedence Diagramming Method*)

2.9.1 Metode Bagan Balok (*Bar Chart*) dan Kurva S

Gantt Chart atau yang lebih dikenal di indonesia sebagai diagram batang atau *bar chart*, metode ini mula-mula dipakai dan diperkenalkan oleh “Hendri Lawrence Gantt” pada tahun 1911 tujuan metode ini untuk mengidentifikasi

unsur waktu dan urutan dalam merencanakan kegiatan yang terdiri dari waktu mulai, jumlah waktu dan waktu selesai.

Metode *bar chart* juga sering digabungkan dengan “kurva S” sebagai pemantau biaya, disebut kurva S dikarenakan bentuknya yang menyerupai huruf S hal ini terjadi karena pada awal proyek (kegiatan persiapan) besarnya biaya yang dikeluarkan per satuan waktu cenderung rendah kemudian meningkat cepat pada pertengahan proyek (kegiatan konstruksi) dan menurun/rendah kembali pada akhir proyek (penyelesaian akhir). Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal dan terhadap waktu pada sumbu horizontal, kemajuan dihitung terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Kurva S rencana dan kurva S realisasi dapat dibandingkan untuk mengetahui apakah pelaksanaan proyek telah sesuai, terlambat atau melebihi dari yang direncanakan.



Gambar 2.13 Simulasi Bentuk Kurva S pada Tahapan Pekerjaan
(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

Aturan penggunaan metode *bar chart* :

- Penggambaran *bar chart* terdiri dari kolom dan baris
- Pada kolom tersusun urutan kegiatan yang disusun secara berurutan
- Pada baris menunjukkan periode waktu berupa jam, harian, mingguan, ataupun bulanan.
- Penggambaran *bar* (batang) pada tiap baris kegiatan menunjukkan waktu mulai dan waktu selesainya kegiatan

Keunggulan Metode *Bar Chart* :

- Mudah dibaca dan dimengerti oleh semua level (pelaksana sampai manajer)

- Sangat cocok digunakan pada tahap awal proyek yang banyak terjadi perubahan-perubahan
- Pembuatannya sangat memungkinkan untuk direvisi berkali-kali

Kekurangan Metode *Bar Chart*:

- Kurang dapat menjelaskan keterkaitan antara kegiatan
- Tidak dapat secara langsung memberikan informasi mengenai akibat-akibat yang akan terjadi apabila ada perubahan

Contoh 1 penjadwalan menggunakan metode *bar chart* :

Sebuah proyek harus selesai dikerjakan dalam 13 minggu, mempunyai kegiatan (pekerjaan) sebagai berikut:

Tabel 2.2 Contoh Soal Metode Bar Chart

No	Urutan Kegiatan/Pekerjaan	Waktu Pelaksanaan	
		Mulai Minggu ke-	Selesai Minggu ke-
1	Kegiatan Pondasi	1	4
2	Kegiatan Beton/Dinding	2	7
3	Kegiatan Kap/Atap	7	11
4	Kegiatan Loteng	10	13
5	Kegiatan Plesteran	6	9
6	Kegiatan Lantai	4	9
7	Kegiatan Pintu/Jendela	10	11
8	Kegiatan Pengecatan	7	12
9	Kegiatan Pelengkap	7	13

(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

Langkah pertama dibuatkan kolom waktu awal mula dan kolom akhir penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan, selanjutnya menggambarkan garis/balok pada masing-masing kegiatan sesuai dengan mulai pekerjaan hingga akhir pekerjaannya. Sehingga akan didapat seperti gambar berikut ini:

Tabel 2.3 Hasil Penjadwalan Bar Chart pada contoh 1

No	Urutan Kegiatan/Pekerjaan	Minggu Ke													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Kegiatan Pondasi	■													
2	Keg. Beton/Dinding		■												
3	Kegiatan Kap/Atap						■								
4	Kegiatan Loteng									■					
5	Kegiatan Plesteran						■								
6	Kegiatan Lantai			■											
7	Keg. Pintu/Jendela									■					
8	Kegiatan pengecatan						■								
9	Kegiatan Pelengkap						■								

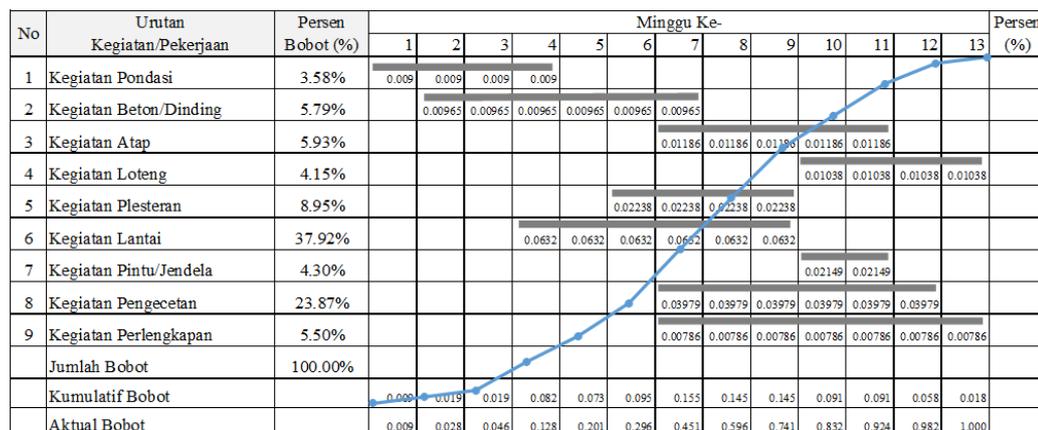
(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

Tabel 2.4 Perhitungan bobot kegiatan pada contoh 1

No	Urutan Kegiatan/Pekerjaan	Harga Pekerjaan	Persen Bobot (%)
1	Kegiatan Pondasi	2.141.888,49	3,585
2	Keg. Beton/Dinding	3.457.844,27	5,787
3	Kegiatan Kap/Atap	3.544.532,50	5,932
4	Kegiatan Loteng	2.479.985,50	4,151
5	Kegiatan Plesteran	5.348.047,74	8,951
6	Kegiatan Lantai	22.658.096,34	37,871
7	Keg. Pintu/Jendela	2.568.604,20	4,299
8	Kegiatan pengecatan	14.263.244,95	23,871
9	Kegiatan Pelengkap	3.288.300,00	5,503
	JUMLAH	59.750.543,99	100,00

(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

Setelah mendapat bobot kegiatan, selanjutnya adalah membuat tabel *bar chart* dan bobot kegiatan yang didistribusi kesetiap periode pekerjaan, hasil tiap periode dijumlahkan dan selanjutnya bobot per periode ditambahkan periode sebelumnya (kumulatif) sehingga akhir proyek akan mencapai bobot 100%. Selanjutnya dibuatkan kurva dengan memplot nilai bobot per periodenya.



Gambar 2.14 *Schedule* setelah ditambahkan Kurva-S
(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

Setelah mengetahui bobot persentase setiap kegiatan kemudian didistribusi ke jumlah hari yang diperlukan (lihat gambar 2.13) sehingga dikumulatifkan semua sampai mencapai bobot 100% dan selanjutnya dibuatkan kurva-s dengan memplot nilai bobot per periodenya.

2.9.2 Metode PERT (*Project Evaluation Review Technique*)

Metode ini dikembangkan oleh “*Navy Special Project Office*” yaitu biro proyek-proyek khusus Angkatan Laut Amerika Serikat pada tahun 1957. PERT merupakan singkatan dari *program evaluation and review technique* atau teknik menilai dan meninjau kembali program. Metode ini bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan maupun gangguan dan konflik suatu jadwal, PERT pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian kegiatan yang digambarkan dalam bentuk diagram network. Dengan demikian diketahui bagian-bagian kegiatan mana yang harus didahulukan dan kegiatan mana yang menunggu selesainya pekerjaan, metode PERT biasanya juga disebut *Arrow Diagramming Methode (ADM)* dikarenakan menggunakan anak panah sebagai aktifitas dan menghubungkannya dengan panah yang menunjukkan ketergantungan.

Aturan penggunaan PERT:

- Harus mengetahui semua kegiatan yang terjadi pada proyek
- Harus mengetahui kegiatan pendahulu (*predecessors*)

- Harus mengetahui kegiatan pengikut (*successors*)
- Mengetahui urutan logis dari tiap kegiatan
Elemen dasar membuat penjadwalan menggunakan metode PERT
- → anak panah (*arrow*), kegiatan (*activity*)
anak panah menunjukkan hubungan antara kegiatan juga dicantumkan durasi, anak panah mewakili satu kegiatan, awal busur panah dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah sebagai akhir kegiatan
- ○ lingkaran kecil (*node*), kejadian/peristiwa
lingkaran kecil ini merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan-kegiatan (anak panah), *node* dapat diberi nomor urut
- ----▶ Anak panah putus-putus, kegiatan semu (*dummy*)
perbedaannya dengan kegiatan biasa *dummy* tidak menggunakan durasi (nol) dan tidak menggunakan sumber daya. *Dummy* hanya berfungsi untuk menghubungkan antara kegiatan.

Keunggulan metode PERT:

- Hubungan ketergantungan kegiatan yang logis
- Dapat dikerjakan dengan prosedur yang jelas
- Apabila ada kegiatan yang terganggu dapat diketahui pengaruh terhadap kegiatan lain

Kelemahan metode PERT:

- Tidak semua level dapat memahami/membaca *schedule*
- Tidak dapat diketahui mana kegiatan yang menjadi perhatian/prioritas agar dapat diselesaikan sesuai rencana

Contoh 2 pembuatan kegiatan metode diagram PERT dengan data berikut:

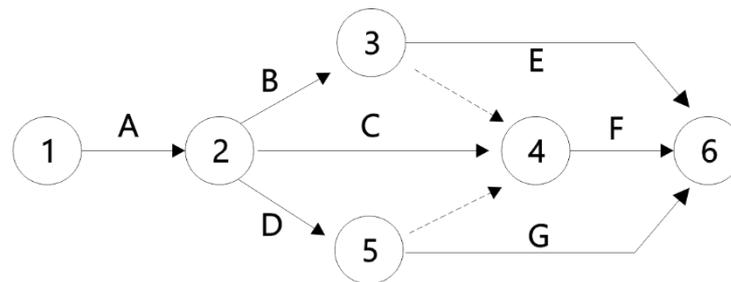
Tabel 2.5 Data Soal 2 Metode PERT

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Kegiatan Selanjutnya
A	-	B, C, D
B	A	E, F
C	A	F
D	A	F, G

E	B	-
F	C, D, D	-
G	D	-

(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

Hasil pembuatan diagram mengguna metode PERT berdasarkan data tabel 2.5



2.10 Metode CPM (*Critical Path Methode*)

Pada tahun 1958, perusahaan bahan-bahan kimia “Du Pon Company (USA)” memecahkan kesulitan-kesulitan dalam proses pabrikasi menemukan metode *Critical Path Method (CPM)*. Pada dasarnya metode ini berbentuk diagram *network* yang hampir sama dengan PERT, perbedaan mendasarnya adalah menentukan perkiraan waktu, CPM dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan dan dapat menentukan prioritas kegiatan yang harus mendapatkan perhatian pengawasan yang cermat, agar kegiatan dapat selesai sesuai rencana. Metode ini lebih dikenal dengan lintas kritis hal ini disebabkan metode ini nantinya membentuk suatu jalur atau lintasan yang memerlukan perhatian khusus (kritis). Tujuan lintasan kritis ini untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan yang tingkat kepekaannya tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggara proyek apabila kegiatan tersebut terlambat.

Aturan Metode CPM:

- → anak panah biasa, menunjukan suatu kegiatan yang dapat dikerjakan secara normal

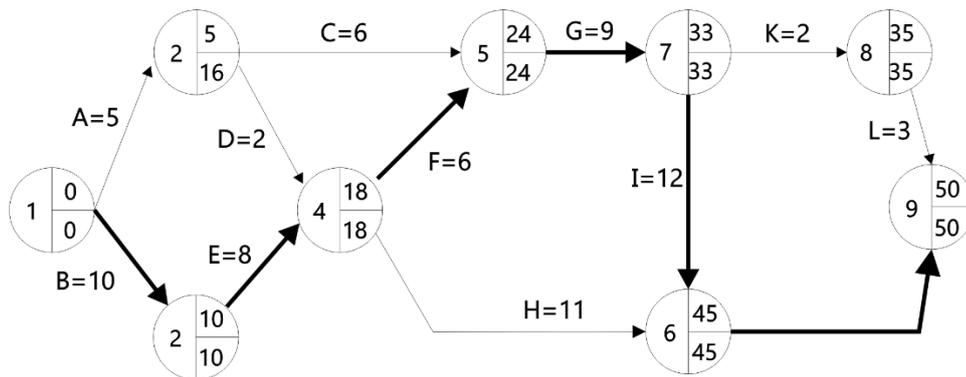
- **➔** Anak panah tebal, menunjukkan suatu kegiatan yang harus menjadi perhatian (kritis)
- **----**➔ Anak panah putus-putus, menunjukkan kegiatan *dummy*
-  Lingkaran kecil (*node*), kejadian/peristiwa (*event*)
- Pada *node* CPM terbagi tiga bagian yang terdiri dari nomor *node*, EET (*earlies event time*), dan LET (*late event time*).

Keunggulan Metode CPM:

- Dapat mengontrol keterlambatan kegiatan selebihnya sama dengan PERT

Kelemahan Metode CPM:

- Tidak semua level dapat memahami dan membaca *schedule* CPM
- Masih banyak *dummy* yang sering membingungkan pembaca
- Memiliki aturan ketergantungan artinya suatu kegiatan tidak dapat dilaksanakan jika kegiatan sebelumnya/yang terkait selesai



Gambar 2. 15 Contoh Kegiatan Menggunakan Metode CPM
(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

2.11 Metode PDM (*Precedence Diagram Method*)

Metode ini diperkenalkan oleh “J.W Fondahl” dari universitas stanford USA pada awal dekade 60-an. Kemudian dikembangkan oleh perusahaan IBM dalam rangka penggunaan komputer untuk memproses hitungan-hitungan yang berkaitan dengan metode PDM. Dapat diartikan PDM adalah jaringan kerja yang umumnya berbentuk segi empat sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan dengan demikian *dummy* tidak diperlukan.

Aturan Metode PDM:

- *Activity on Arrow (AOA)*, dimana kegiatan dan durasi diletakan pada tanda panah
- Anak panah hanya dinyatakan sebagai keterkaitan antar kegiatan
- Kegiatan/peristiwa ditulis dalam bentuk *node* berbentuk kotak segi empat
- Definisi kegiatan sama seperti CPM

Tabel 2.6 Contoh bentuk Node pada metode *PDM*

Nomor Urut			
ES	Nama Kegiatan	Waktu Penyelesaian (D)	EF
LS	FF	TF	LF

No. & Nama Kegiatan	
ES/LS	FF
EF/LF	LF
Waktu Penyelesaian (D)	

No. Pekerjaan		
ES	D	EF
EF		LF
FF		TF

(Sumber : Dr. Ir. Putri Lynna, Manajemen Konstruksi)

2.12 Struktur Stasiun *Typikal LRT Palembang*

Bagian-bagian utama struktur penyokong konstruksi stasiun *typikal LRT Palembang* terdiri dari struktur bagian bawah dan bagian atasnya (*elevated*).

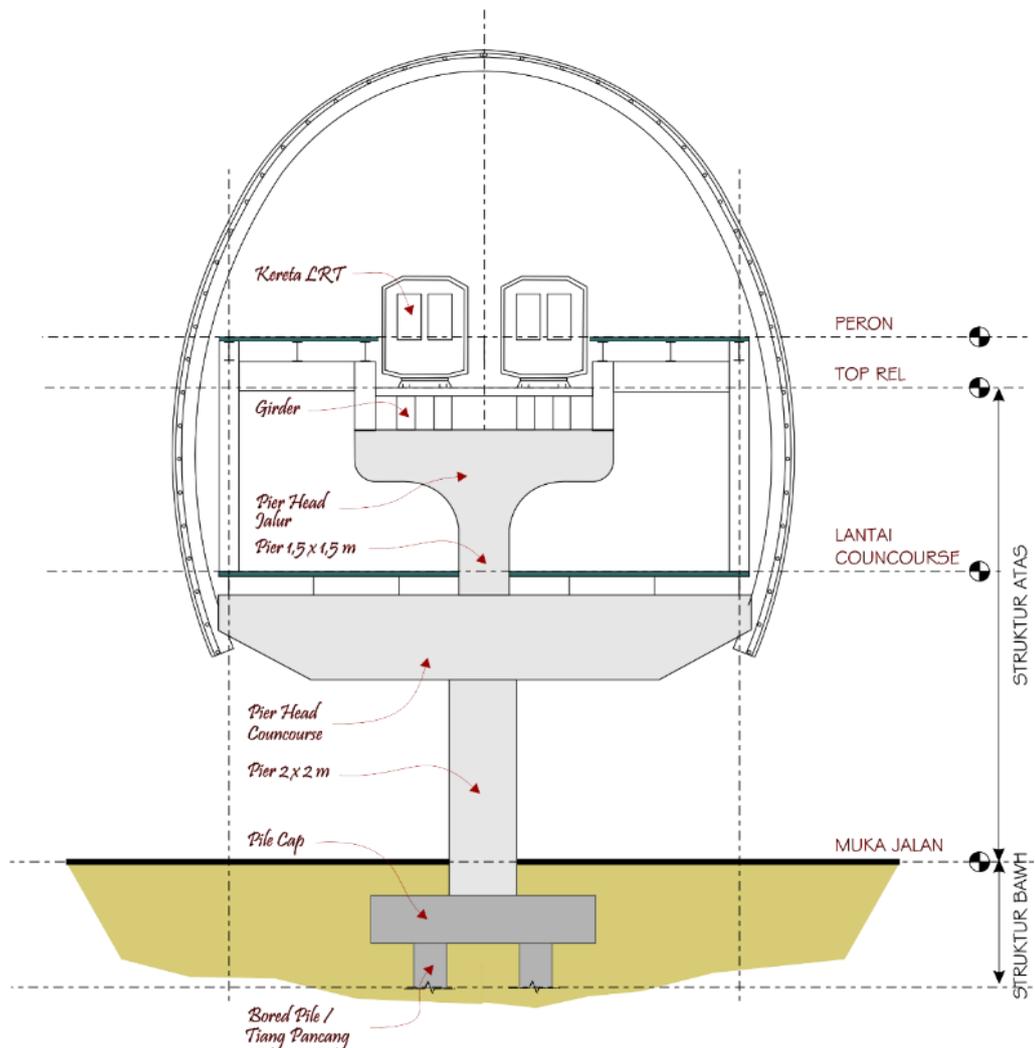
struktur bawah terdiri dari:

- a) Pondasi : pondasi dasar yang digunakan pada struktur *LRT Palembang* adalah pondasi tiang pancang dan pondasi bored pile, penggunaan tiang pancang pada kondasi area yang padat dan pada media jalan yang lebih kecil. Sedangkan untuk pondasi bored pile digunakan pada area yang relatif sepi dan memiliki median jalan yang lebar
- b) *Pile Cap* : pondasi pile cap yang digunakan struktur beton bertulang dengan ukuran 5 x 5 x 1,5 m pada kondisi standar desain.

Struktur bagian atas (*elevated*), terdiri dari:

- c) *Pier* (tiang) : struktur beton bertulang dengan ukuran 2 x 2 m sampai dengan ketinggian (elevasi) lantai *councourse* kemudai berukuran 1,5 x 1,5 m sampai ke elevasi *pier head* jalur layang.

- d) *Pier head concourse* : *pier head* dengan struktur kantilever memiliki lebar lengan sepanjang 7,5 m, yang berada di elevasi *councourse* yaitu area aktifitas *passenger* dan operasional mulai dari pembelian tiket, ruang tunggu, toiled dan fasilitas lainnya.
- e) *Pier Head Jalur* : *pier head* dengan struktur beton yang terletak dibagian paling atas yang menumpu beban girder, slab, track dan kereta api beserta sarana lainnya.



Gambar 2.16 *Basic Design Struktur Elevated Stasiun Tipikal LRT Palembang*
(Sumber : Konsultan Perencana Djaya, Editor Penulis)