

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Yang dimaksud dengan Jadwal Pelaksanaan secara umum adalah rencana lamanya waktu untuk melaksanakan suatu kegiatan dan gambaran untuk identifikasi kapan suatu kegiatan dan gambaran ataupun paling lambat harus dimulai atau diselesaikan supaya tidak mengganggu kegiatan lainnya untuk dilaksanakan. Dengan diketahuinya lama waktu pelaksanaan kegiatan seringkali timbul pertanyaan apakah waktu yang tersedia tersebut sudah optimal, atau dengan kalimat lain, dapatkah waktu pelaksanaan dipersingkat dengan menambah tenaga kerja, biaya dan lain-lain yang mendukung dalam batas-batas yang masih dianggap ekonomis.

Dalam menyusun jadwal pelaksanaan kegiatan, digunakan asumsi bahwa sumber daya yang diperlukan selalu tersedia dalam arti harus mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang ada akibat berbagai faktor, misalnya lokasi kegiatan, keahlian yang terbatas dan lain sebagainya.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan tenaga kerja dan peralatan adalah usaha menghindari terjadinya naik turun yang tajam dengan jalan mengadakan pemerataan pemakaian sumber daya, disini juga akan kita bahas tentang sejauh mana faktor-faktor pemakaian sumber daya mempengaruhi jadwal pelaksanaan proyek.

## BAB II JADWAL PELAKSANAAN

### 2.1 JADWAL YANG EKONOMIS

Jadwal yang ekonomis bagi suatu proyek yang didasarkan atas biaya langsung untuk mempersingkat waktu penyelesaian, sedangkan jadwal yang optimal dengan memperhatikan biaya langsung dan tidak langsung. Langkah ini dilakukan dengan mengadakan analisis hubungan antara waktu terhadap biaya, dimulai dari satu kegiatan, kemudian dikembangkan bagi semua kegiatan lainnya yang mendukung pelaksanaan proyek.

Untuk mempersingkat waktu pelaksanaan suatu kegiatan kita harus memakai satu angka perkiraan lama waktu masing-masing kegiatan, dengan penggunaan sumber daya pada tingkat normal. Proses mempercepat waktu pelaksanaan disebut "**crash program**", didalam menganalisis proses tersebut digunakan asumsi sebagai berikut :

- Jumlah sumber daya yang tersedia tidak merupakan kendala, ini berarti dalam menganalisis program mempersingkat waktu, alternatif yang akan dipilih tidak dibatasi oleh tersedianya sumber daya.
- Bila menginginkan waktu pelaksanaan kegiatan dipercepat dengan lingkup kegiatan yang sama, maka keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber daya ini dapat berupa tenaga kerja, material, peralatan, atau bentuk lain yang dapat dinyatakan dalam bentuk dana.

Jadi tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan dengan biaya yang ekonomis.

## 2.2 ANALISA ALOKASI WAKTU PEKERJAAN

### 2.2.1 Pengertian

Dalam melaksanakan pekerjaan konstruksi, kegiatan yang dilakukan mengikuti urutan pekerjaan yang sesuai dengan metode pelaksanaan konstruksi yang ditetapkan. Oleh karena itu sebelum melangkah membuat perencanaan-perencanaan pelaksanaan izin, maka terlebih dahulu perlu menyusun kegiatan pelaksanaannya.

### 2.2.2 Kegiatan Pelaksanaan

Kegiatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi adalah kegiatan-kegiatan yang dilakukan secara sistematis untuk mewujudkan bangunan sesuai dengan rencana. Langkah yang harus dilakukan dalam menyusun kegiatan pelaksanaan adalah menginventarisasi dan menyusun seluruh kegiatan dalam rangka mewujudkan suatu bangunan dalam susunan yang urut. Susunan kegiatan tersebut harus sesuai dengan urutan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dari bangunan yang akan dibuat itu.

#### Contoh :

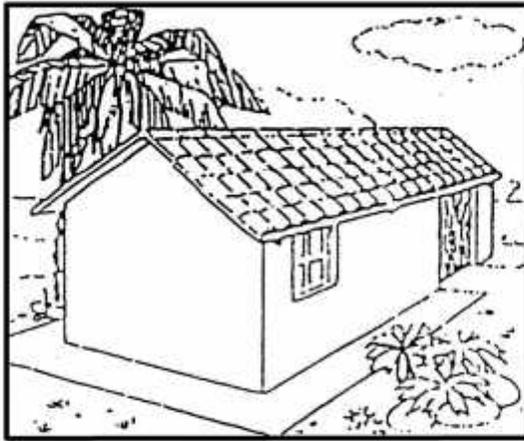
#### Daftar Kegiatan Pelaksanaan Pekerjaan Membuat Gedung yang Tidak Urut dan yang Urut

Tidak Urut	Urut
1. Membersihkan dan meratakan tanah	1. Membersihkan dan meratakan tanah
2. Menggali tanah untuk pondasi	2. Menggali tanah untuk pondasi (umpak)
3. Membuat dinding	3. Membuat pondasi
4. Membuat pondasi	4. Membuat kerangka dinding dan atap
5. membuat kerangka atap dan penutup atap	5. Memasang penutup atap
6. Membuat lantai	6. Membuat lantai

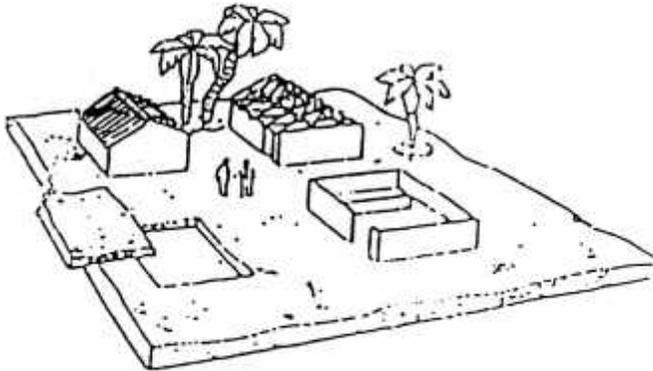
Untuk menyusun urutan pekerjaan atau kegiatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi perlu mempelajari gambar bangunan yang akan dibuat, serta metode kerja yang akan digunakan.

Bahwa metode yang berbeda akan menghasilkan susunan kegiatan yang berbeda dapat dicontohkan, membuat 20 rumah secara individual dengan membuat 20 rumah itu secara seri, atau membuat rumah susun secara tradisional dengan cara atau sistem panil/brecast, akan menghasilkan urutan pekerjaan yang berbeda.

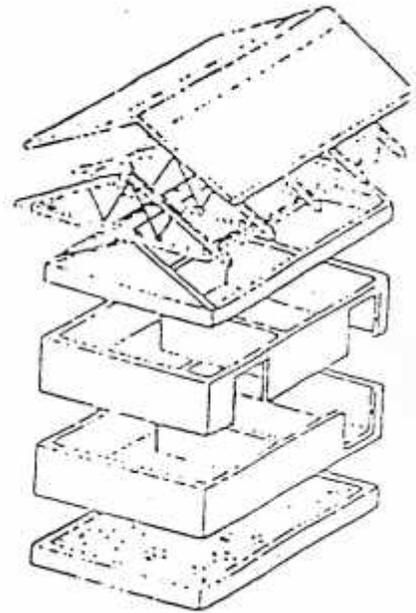
Gambar sket ini adalah untuk menunjukkan kepada anda bagaimana menganalisa kegiatan yang urut sesuai dengan metode kerja yang digunakan.



**Bangunan yang akan dibuat**



**Proses**



**Langkah**

Kontraktor yang sudah berpengalaman banyak, biasanya telah mempunyai daftar urutan kegiatan pelaksanaan dari berbagai jenis bangunan. Seperti daftar susunan bangunan rumah, gedung, jembatan, jalan, saluran irigasi dan lain-lain.

Daftar kegiatan itu selain digunakan untuk membuat rencana waktu, dapat digunakan pula dalam menghitung volume dan harga penawaran, biaya pelaksanaan, alat kontrol dan lain-lain.

### Contoh Daftar Kegiatan Pekerjaan Rumah

Tidak Urut	Urut
1. Pembersihan lahan	10. Stel Kosen
2. Perataan lahan	11. Pasang bata/dinding
3. Unit Set dan pasang bouwplank	12. Ring Balok
4. Galian tanah pondasi	13. Instalasi listrik dan air
5. Pasangan profil	14. Plester
6. Pasangan pondasi	15. Langit-langit
7. Urugan samping tanah pondasi	16. Lantai
8. Peralatan dan pemadatan tanah Lantai	17. Daun pintu/jendela
9. Sloof dan trasraam	18. Finishing (cat, kunci-kunci, dll)

Daftar seperti itu, harus dibuat pula untuk pekerjaan gedung, jembatan, jalan saluran dan lain-lain.

#### 2.2.3 Waktu

Yang dimaksud dengan waktu disini adalah jumlah hari yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Misalnya berapa hari yang dibutuhkan untuk membuat pondasi?

Untuk menetapkan jumlah hari untuk setiap kegiatan dapat dilakukan secara teoritis atau dilakukan secara perkiraan berdasar pengalaman.

Bagi para pelaksana lapangan yang sudah berpengalaman dengan mudah akan dapat memperkirakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Perhitungan cara analitis perlu dilakukan untuk mencegah kekeliruan.

Dalam menghitung waktu, faktor yang menentukan adalah volume pekerjaan, metode kerja dan keadaan serta keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan yang bersangkutan.

Menghitung volume pekerjaan tentu sudah dikuasai oleh para pelaksana lapangan. Dalam menghitung waktu keadaan lapangan dapat mempengaruhi kecepatan. Misalnya memasang bata untuk dinding pada ketinggian lebih dari 1,5 m, tentu lebih lama dari kecepatan memasang dinding dibawah 1,5 m, sekalipun dilakukan oleh tukang yang sama.

Metode kerja juga mempengaruhi kecepatan kerja.

Misalnya karena sesuatu hal, metode kerja dalam memasang bata harus dilakukan tidak sesuai dengan kebiasaan kerja tukang bersangkutan, maka kecepatan kerjanya akan berkurang.

Dalam menghitung waktu biasanya dibuat dalam tabel dibawah ini :

No.	PEKERJAAN	VOLUME	WAKTU (Hari)
1.	Pembersihan dan perataan lahan	150 m <sup>2</sup>	1
2.	Unit set dan pasang bouwplank	45 m <sup>2</sup>	7
3.	Galian tanah pondasi	135 m <sup>2</sup>	3
4.	Dst.		

#### 2.2.4 Penggambaran Jadwal

Penjadwalan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi adalah menghubungkan kegiatan dan waktu dalam susunan yang lazimnya digambarkan dalam diagram batang (barchart) atau dalam bentuk jaringan kerja (net work planning).

### 2.3 PENJADWALAN PELAKSANAAN PEKERJAAN

#### 2.3.1 Pengertian

Diagram batang (Barchart) dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi adalah kertas kerja yang memuat urutan pekerjaan dan gambar balok/batang yang menunjukkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan/kegiatan yang berlainan.

Yang dimaksud dengan urutan pekerjaan adalah daftar pekerjaan-pekerjaan yang akan dilakukan selama pekerjaan konstruksi yang telah diurutkan menurut metode kerja yang digunakan.

Yang dimaksud gambar balok/batang adalah garis yang menggambarkan lama atau periode pelaksanaan suatu pekerjaan. Telah dibahas bahwa untuk menentukan waktu yang diperlukan pada suatu pekerjaan banyak factor yang

harus diperhitungkan. Antara lain volume pekerjaan itu sendiri, tingkat kesulitan pelaksanaan, ruang kerja, keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan, ketersediaan bahan dan alat.

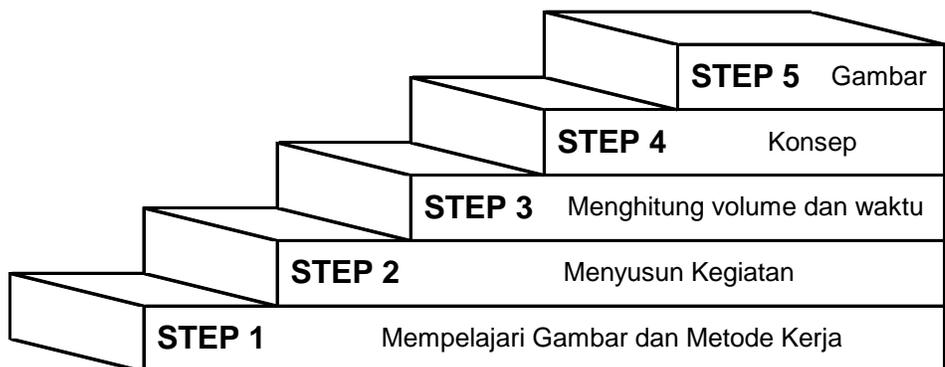
Dibawah ini contoh barchart sederhana.

NO.	PEKERJAAN	WAKTU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pekerjaan Tanah	█	█										
2.	Pekerjaan Struktur			█	█	█	█	█	█	█			
3.	Pekerjaan Fasilitas								█	█	█		
4.	Pekerjaan Finishing											█	█

### 2.3.2 Membuat Diagram Batang

Membuat diagram batang meliputi pekerjaan mengumpulkan serta menganalisa gambar konstruksi, metode kerja, menginvestarisasi kegiatan menyusunnya dalam suatu daftar kegiatan yang urut sesuai dengan metode kerja, menghitung volume, menghitung waktu selanjutnya menggambar diagram batang.

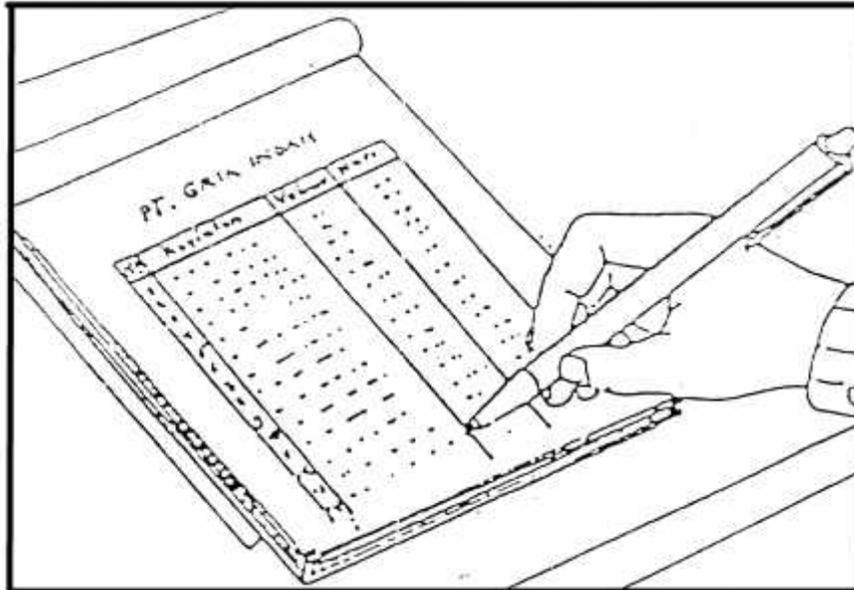
Dengan demikian, maka langkah membuat diagram batang adalah sebagai berikut.



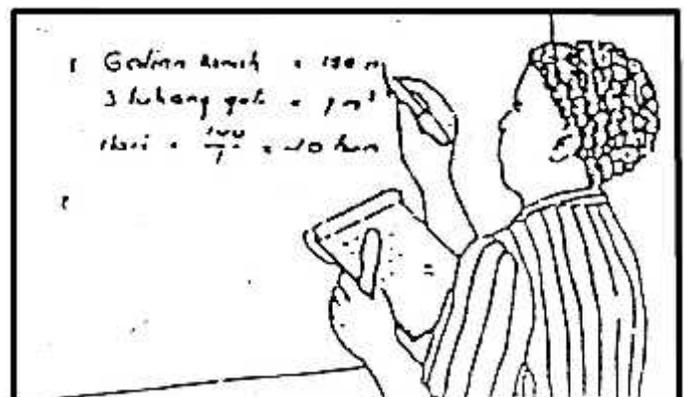
- a. Mempelajari gambar dan metode kerja yang akan digunakan.



- b. Menyusun kegiatan sesuai dengan metode kerja



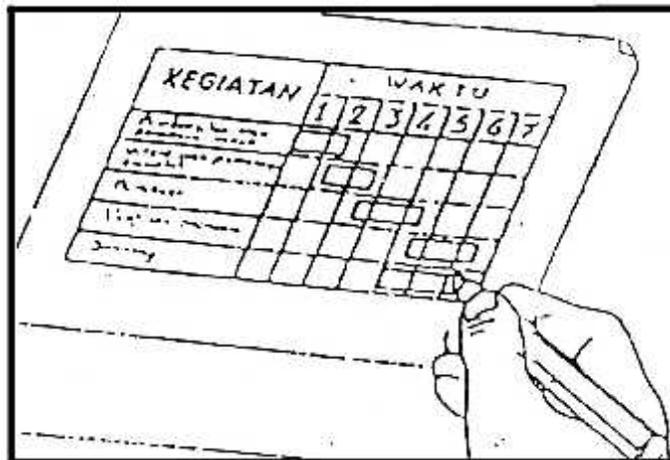
- c. Menghitung dan menganalisa volume dan waktu yang diperlukan



#### d. Membuat konsep barchart



#### e. Menggambar barchart



### 2.3.3 Fungsi

Barchart atau diagram batang dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi berfungsi sebagai instrument manajemen untuk perencanaan terutama perencanaan waktu, pengendalian pelaksanaan dan alat control.

Barchart dalam perencanaan pelaksanaan pekerjaan selain digunakan untuk perencanaan waktu pelaksanaan (penjadwalan), digunakan untuk penjadwalan penggunaan bahan, alat dan tenaga kerja.

Barchart dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi digunakan mencatat kemajuan pelaksanaan (recording progress).

Recording Progress (RP) sangat penting peranannya dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Dengan adanya RP yang lengkap dan baik, akan mudah mengetahui apakah pelaksanaan pekerjaan lebih cepat dari rencana atau lambat. Bila diketahui ada kelambatan, maka RP harus dilakukan lebih intensif dan lebih cermat. Misalnya, dalam keadaan proyek berjalan lancar RP dilakukan setiap minggu, bila ternyata pelaksanaan pekerjaan lambat RP dilakukan setiap hari.

Perencanaan kemajuan pekerjaan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Mungkin perusahaan dimana anda bekerja telah mempunyai cara mencatat kemajuan pekerjaan. Dalam latihan ini anda akan diajak berlatih membuat RP dengan barchart. Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biasanya membuat perencanaan waktu atau penjadwalan dengan diagram batang. Misalnya, diagram batang itu adalah sebagai berikut :

NO.	PEKERJAAN	VOLUME	I				II				III			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pek. Persiapan dan pekerjaan tanah	50 M <sup>3</sup>	■	■	■	■								
2.	Pekerjaan Pondasi	20 M <sup>3</sup>		■	■	■	■							
3.	Pekerjaan Struktur					■	■	■	■	■	■			
4.	Pekerjaan Fasilitas									■	■	■	■	
5.	Pekerjaan Finsihing											■	■	■

Kita ambil contoh pekerjaan No.2 yaitu Pekerjaan Pondasi

2.	Pekerjaan Pondasi	20 M <sup>3</sup>		■	■	■	■							
----	-------------------	-------------------	--	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

Pekerjaan pondasi dimulai pada minggu ke-2 dan akan berakhir pada minggu ke-5 jadi waktu yang tersedia 4 minggu.

Ada kemungkinan yang terjadi pada saat dimulainya pekerjaan pondasi.

Kemungkinan Pertama : Lebih awal dimulai

Kemungkinan Kedua: Tepat Waktu

Kemungkinan Ketiga : Terlambat mulai





mempengaruhi kelancaran pekerjaan. Misalnya bahan, alat, tenaga kerja datang terlambat dilokasi, ada wabah, bencana dan lain-lain.

Oleh karena itu, selalu ada saja masalah yang dapat mempengaruhi kelancaran pekerjaan konstruksi. Oleh karena itu bar chart perlu digaris bawahi disesuaikan dengan adanya penambahan-penambahan yang disebabkan factor-faktor tersebut.

## **BAB III**

### **KEBUTUHAN MATERIAL DAN PERALATAN**

#### **3.1 UMUM**

Pada pemasangan rangka baja jembatan akan ditemui berbagai jenis komponen yang menyatukan setiap bagian untuk membentuk suatu rangka jembatan yang tergantung pada jenis dan tipe rangkanya sendiri yang pada umumnya tergantung pada pabrik pembuatnya. Tiap jenis material dan peralatan termasuk komponen rangkanya sendiri mempunyai sifat-sifat fisik yang berbeda untuk setiap jenis tipe rangkanya sendiri.

Dengan perbedaan sifat-sifat setiap komponen maupun material serta peralatannya akan memberikan pengaruh yang berbeda dalam cara memperlakukan serta penyimpanan dan pengangkutan maupun pemasangannya sendiri, sehingga Mandor pemasangan rangka baja jembatan harus mengetahui fungsi dan manfaat setiap jenis komponen, metode pemasangan, dan peralatan yang digunakan agar proses pemasangan dan penyetulan dapat berlangsung sesuai jadwal pelaksanaan yang ditetapkan dengan tidak mengabaikan mutu pekerjaan sesuai standar dan spesifikasi yang ditetapkan.

#### **3.2 JENIS-JENIS KEGIATAN PADA PEKERJAAN JEMBATAN RANGKA BAJA**

##### **3.2.1 Pabrikasi Pekerjaan Baja**

###### **3.2.1.1 Umum**

Pabrikasi adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan produksi berbagai komponen suatu struktur bangunan baja yang dibuat dari baja pelat atau para profil. Pabrikasi ini meliputi proses-proses

pemotongan, pembentukan, pengeboran, pelubangan, penyambungan dan operasi-operasi lainnya guna pembentukan pelat-pelat baja yang sederhana dan profil menjadi komponen-komponen jadi.

### **3.2.1.2 Gambar-gambar**

Gambar-gambar rencana memberikan suatu konsep rinci dari struktur (bangunan). Untuk fabrikasi yang utama shop drawing (gambar kerja) diperlukan untuk memberikan keterangan yang lengkap yang diperlukan untuk fabrikasi, termasuk didalamnya ukuran-ukuran dan tempat-tempatnya, tipe dan ukuran dari seluruh pengelasan-pengelasan dan pelubangan-pelubangannya. Gambar-gambar ini harus akurat dan rinci (detail) yang teliti untuk menghindari persoalan-persoalan selama fabrikasi dan pemasangan dan harus diperiksa sebelum dimulai fabrikasi. Shop drawing dipersiapkan oleh Kontraktor dari gambar rencana dan akan mencerminkan usulan metoda fabrikasi.

### **3.2.1.3 Prosedur Fabrikasi**

#### **a. Pengenalan Baja**

Semua baja yang digunakan dalam fabrikasi sebuah jembatan harus sesuai dengan Peraturan yang sesuai seperti yang tercantum dalam Syarat-syarat Teknik.

Ini dapat dicek dengan mengacu kepada tingginya temperature pemanasan baja yang diberi tanda (segel) di atas baja, saat baja digilas (rolling). Tingginya temperatur pemanasan ada hubungannya dengan sertifikat pengujian pabrik yang

memberikan perincian sifat-sifat fisik dan komposisi kimia dari baja tersebut.

Dalam hal tidak ada tanda pengenalan (identifikasi) maka diwajibkan terhadap fabrikasi untuk menyediakan contoh-contoh baja untuk diadakan pengujian pada suatu laboratorium yang disetujui.

#### **b. Pelurusan**

Bengkokan atau distorsi baja harus dikoreksi dengan suatu cara yang akan menghindari kerusakan pada baja. Jika bahan memerlukan pelurusan untuk mempertahankan toleransi dan kesesuaian, baik sebelum atau sesudah pemasangan, pada umumnya ini dilakukan dengan cara mekanis pada temperatur sekitarnya (ambient temperature), walaupun sedikit lekukan-lekukan dan bengkokan-bengkokan pada baja berkekuatan normal kemungkinan bisa dikoreksi dengan pemanasan yang terbatas dalam pengawasan yang teliti.

Pemanasan dari baja berkekuatan tinggi untuk mencapai kelurusan atau menghilangkan penyimpangan tidak boleh dicoba tanpa penyelidikan pengaruhnya pada baja tersebut.

Tekanan hidrolik, pemakaian kekuatan baik horizontal maupun vertikal dan penggilasan-penggilasan biasanya digunakan untuk pelurusan.

#### **c. Pemberian Tanda**

Pemberian tanda gores pada pekerjaan baja, termasuk letak lubang-lubang, dapat dilakukan dari gambar-gambar kerja atau menggunakan mal. Mal merupakan pola atau petunjuk berskala penuh atau petunjuk, terbuat dari karton, plywood, lembaran baja, lembaran kayu atau kayu keras (hard wood).

#### **d. Pembengkokan**

Pengepresan-engepresan dan penggilasan-penggilasan yang digunakan pada proses pelurusan dapat pula digunakan untuk bagian-bagian bangunan yang berbentuk tetap. Pipa-pipa baja untuk casing biasanya dibuat dalam suatu gulungan pelat bundar dan sambungannya dilas.

#### **e. Lawan Lendut (Cambering)**

Lawan lendut dari anggota baja giling (gilas) dapat diperoleh dengan proses yang digunakan untuk pelurusan dan pembengkokan.

Lawan lendut untuk gelagar pelat diperoleh dengan pemotongan dari pelat badan sampai bentuk yang diharapkan.

Lawan lendut dari suatu gelagar dapat diukur dengan gelagar pada sisanya atau dengan gelagar ditumpu pada titik-titik tumpunya. Pengukuran dan lawan lendut harus memperhitungkan terhadap pelendutan yang diakibatkan dan beratnya sendiri.

#### **f. Pemotongan**

Baja bisa dipotong dengan pengguntingan, penggergajian atau pemotongan dengan las.

Umumnya pengguntingan pelat tidak diperkenankan kecuali pada suatu arah yang tegak lurus terhadap arah tegangan

utama didalam pelat. Pemotongan pinggir harus bersih dan buangan-buangan, potongan-potongan dan cacat yang lain yang mungkin mempengaruhi tingkat pelayanan dan komponen itu.

Setiap tegangan yang ditimbulkan oleh tarikan harus dihilangkan, apabila ini diminta Syarat-syarat Teknik.

Pemotongan dengan las, dengan suatu campuran dari sebuah gas seperti asetilin dan oksigen, umumnya digunakan untuk pemotongan bagian struktur (bangunan). Pengelasan dapat dilakukan secara manual atau dengan penggunaan peralatan mesin penggerak sendin yang otomatis.

Pemotongan dengan las secara luas digunakan untuk pemotongan pinggir dari pelat baja untuk persiapan pengelasan

#### **g. Lubang Baut**

Lubang baut dapat dibor secara ukuran penuh atau dilebarkan pada ukuran penuh setelah pengeboran awal atau pemukulan awal sampai suatu diameter kira-kira 5 mm lebih kecil daripada diameter lubang akhir (final).

Untuk memperoleh lubang yang cocok pada komponen utama, komponen-komponen yang akan disambung diikat bersama-sama dengan klem dan kemudian dibor sekaligus.

Untuk komponen yang kecil dapat dibor dengan menggunakan sebuah template (mal).

#### **h. Perakitan**

Perakitan komponen-komponen biasanya dilakukan dengan pengelasan atau dengan menggunakan baut. Di pabrik biasa digunakan dengan las.

Untuk mengurangi penyimpangan komponen, sebuah pola pengelasan yang seimbang diperlukan pada pengencangan yang tetap. Persyaratan ini umumnya dijelaskan dalam Syarat-syarat Teknik.

Ada bermacam-macam metoda pelaksanaan gelagar yang dilas. Metoda ini tergantung atas ukuran dan unit, kapasitas dan barak fabrikasi dan teknik pengelasan yang diperlukan. Umumnya, komponen-komponen dilas melekat ditempatnya dan kemudian gelagar diletakkan pada posisi untuk suatu proses pengelasan menerus pada sudut yang dikehendaki untuk pengelasan. Penempatan ini mungkin pada perletakan tetap atau pada konstruksi khusus (trunnions) dimana gelagar dapat diputar kebeberapa sudut.

### **3.2.2 Pengelasan**

#### **3.2.2.1 Umum**

Semua jenis baja yang tersebut dalam Syarat-syarat Teknik dapat dilas.

Prosedur pengelasan untuk tingkat kekuatan yang lebih tinggi mencakup penggunaan temperatur panas pendahuluan yang tinggi dan batang las dengan hidrogen rendah, khususnya jika ketebalan bagian-bagiannya meningkat. Persyaratan ini adalah untuk menjamm kekuatan yang cukup dan kekerasan dalam daerah pengaruh panas (Heat Affected Zone).

Panduan yang rinci mengenai pengelasan jembatan diberikan dalam bermacam-macam buku petunjuk dan standar

### **3.2.2.2 Pemanasan Pendahuluan**

Pemanasan pendahuluan dari baja sebelum pengelasan mungkin diperlukan terutama untuk pelat yang tebal. Umumnya suatu daerah kurang lebih 75 mm pada masing-masing sisi dari sambungan diperlukan diberi panas pendahuluan.

Tujuan dari panas pendahuluan adalah untuk mengurangi kecepatan pendinginan dari baja yang dilas karena panas dan pengelasan diteruskan melalui pelat. Kecepatan pendinginan yang berlebih dapat menyebabkan kekerasan tambahan dan kegetasan dalam baja yang dilas dan didalam daerah pengaruh pemanasan dan baja induknya.

Peryaratan mengenai panas pendahuluandan masukan energi pengelasan untuk bermacam tipe pelat dan elektroda diberikan dalam Peraturan Pengelasan AWI (American Welding Institute).

### **3.2.2.3 Perubahan Bentuk (Distorsi)**

Sewaktu pengelasan, penempatan dari suatu las menghasilkan suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang menyebabkan penyusutan pada logam dasar dan logam yang dilas dan tenaga penyusutan yang timbul akan berkecenderungan mengakibatkan suatu tingkat

perubahan bentuk. Perubahan bentuk umumnya tampak sebagai penyusutan memanjang dan penyusutan melintang.

Bila penyusutan tidak tampak rata pada ketebalan dari las, akan menghasilkan perubahan sudut. Bila penyusutan terjadi pada suatu arah yang tidak sepanjang gans sumbu netral batang, akan menghasilkan lengkungan. Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan bentuk selama pengelasan, adalah:

- panas yang diterima
- daya tahan
- tegangan sisa

Petunjuk secara rinci untuk mengontrol perubahan bentuk diberikan dalam acuan petunjuk dari AWI.

Perubahan bentuk yang berlebihan dapat dikurangi dengan pemasangan terlebih dahulu (pre-setting) komponen-komponen, sehingga setelah berubah bentuk dapat memperoleh bentuk yang benar, atau dengan menghalangi komponen-komponen dengan penjepit dan penahan.

Baja las juga menyusut apabila dingin sehingga bisa mengakibatkan komponen-komponen dilas memendek. Penyusutan dari pengelasan memanjang dalam balok pelat dapat menyebabkan suatu pemendekan 1 mm untuk setiap 4 m balok.

Sambungan yang diharapkan mempunyai penyusutan terbesar harus dilas pertama kali, dengan sedikit mungkin penahanan.

#### **3.2.2.4 Kualifikasi Operator Pengelasan**

Pengelasan harus dilakukan oleh pelaksana yang mampu yang memperoleh pendidikan latihan yang tepat dan mempunyai pengalaman praktek.

Umumnya, pemeriksaan visual dari teknik pengelasan dan hasil pengelasan akan mengidentifikasi kualitas dan sipengelas. Dengan pengecualian terhadap kadang-kadang undercut (semestinya terjadi pada pengelasan yang dilakukan oleh operator ahli tidak boleh menampakkan adanya cacat perrnukaan seperti kurangnya throat, overlap dan sebagainya).

Tukang las yang terikat pada tata cara tidak konvensional memerlukan pengujian contoh-contoh yang bilamana mungkin sesuai kondisi pekerjaan yang aktual (nyata).

### 3.2.2.5 Kualifikasi Prosedur Pengelasan

Seperti halnya pengujian terhadap operator yang mampu secara praktis umumnya diperlukan pengujian terhadap prosedur nyata (aktual) untuk diikuti dalam pengelasan. Prosedur untuk tipe-tipe yang umum dari pengelasan mungkin disetujui atas dasar pengalaman terdahulu. Prosedur untuk tipe-tipe pengelasan yang kurang lazim diperiksa dengan percobaan perakitan pabrik.

Prosedur tersebut meliputi:

- nama operator
- tipe dan merk peralatan
- penyiapan pelat'
- tipe dan ukuran kawat (wire) elektroda
- tipe flux
- suhu pemanasan awal
- kecepatan pengelasan
- aliran las
- voltage las
- ukuran las dan jumlah pengelasan.

Sekali prosedur disetujui tidak boleh diganti-ganti.

### 3.2.2.6 Elektroda-elektroda

Elektroda yang digunakan pada suatu pengelasan biasanya diperlukan guna memberikan sifat dalam logam pengelasan yang tidak lebih kecil dan logam mduq yang akan disambung, kecuali kalau penggunaan suatu elektroda pada tingkat yang lebih rendah tercantum dalam gambar-gambar rencana. Setiap paket elektroda akan mempunyai tanda pembuatnya dan suatu panel cetak yang memperlihatkan klasifikasi dari elektroda.

Elektroda yang telah terpisah-pisah dari paketnya tidak akan digunakan, karena elektroda

seperti itu tidak akan dapat diidentifikasi. Elektroda yang lepas, kemungkinan terjadi kerusakan flux dan dapat dicemari dengan air.

Seorang tukang las yang berpengalaman yang menyeleksi sebuah elektroda biasanya akan panas jika hasilnya sesuai dengan Syarat-syarat Teknik. Untuk mengelas struktur bangunan baja dalam posisi ke bawah (down hand), elektroda serba guna (general purpose electrode) akan digunakan. Bagaimanapun, dalam keadaan khusus sebuah elektroda dengan sifat-sifat tertentu harus digunakan.

Sebagai contoh, pada pengelasan baja dengan takikan yang liat serta getas, elektroda rendah hidrogen biasanya disyaratkan. Elektroda ini menghasilkan suatu pengelasan logam dengan yang meningkatkan sifat getas.

### 3.2.2.7 Pemeriksaan dan Perbaikan-perbaikan Pengelasan

Kedudukan seorang pengawas pengelasan mempunyai tanggung jawab yang besar. Ia harus menjamin bahwa tukang-tukang las tersebut benar-benar mampu untuk mengerjakan pekerjaan yang ditanganinya dan mengikuti semua prosedur yang ditentukan. Tempat yang dilas harus diperiksa kebersihan dan alinemennya sebelum

pekerjaan dimulai. Pengelasan yang sudah selesai harus bersih dan diperiksa dari kesalahan-kesakihan baik secara visual atau dengan metoda-metoda lain yang ditentukan. Pengawas harus menjamin bahwa cara pembersihan tidak akan menutupi atau mengaburkan keretakan-keretakan atau cacat-cacat lainnya. Tempat-tempat yang diperbaiki harus ditandai dengan jelas, dengan maksud bahwa semua orang yang terlibat, menjadi tahu dan tanda-tanda tersebut harus cukup permanen untuk dapat dilihat setelah perbaikan-perbaikan telah dikerjakan. Pengelasan yang menunjukkan keretakan-keretakan harus ditolak, tanpa menghiraukan panjang atau lokasi dari keretakan.

Kekeliruan material pengelasan dapat diiris, digerenda atau dicungkil keluar. Permukaan yang tampak, harus diperiksa sesudahnya untuk menjamin bahwa kekeliruan semua bahan telah dibuang. Pembetulan bisa dilakukan dengan pengelasan Kembali bagian yang terpengaruh oleh kekeliruan tersebut. Pengelasan kembali ini, kemudian juga dilakukan pengujian-pengujian yang sama seperti pada pengelasan yang asli.

Suatu petunjuk untuk metoda perbaikan yang diperkenankan untuk kekeliruan pengelasan dapat diperoleh pada " American Welding Institut 'Structural Welding Code", D 1.1-88, Clause 3.7.

### **3.2.3 Pemeriksaan Pada Pekerjaan Baja Fabrikasi**

#### **3.2.3.1 Umum**

Pemeriksaan pada pekerjaan baja fabrikasi dan cara perlindungan (protective treatment) biasanya dilaksanakan pada tempat produksi. Pengawas bertanggung-jawab untuk memeriksa material, peralatan, dimensi, cara pelaksanaannya untuk menjamin bahwa semuanya sesuai dengan

persyaratan yang tercantum dalam Syarat-syarat Teknik.

Pengawas pekerjaan baja biasanya mempunyai pengalaman praktis dalam pengelasan konstruksi dan akan terbiasa dengan metoda fabrikasi dan peralatan. Mereka juga harus mempunyai pengetahuan mengenai kerusakan yang dapat terjadi di dalam fabrikasi dan metoda yang memuaskan untuk dipakai mengoreksi kerusakan.

### **3.2.3.2 Pemeriksaan Pengelasan**

Pemeriksaan pengelasan menyangkut pertimbangan sebagai berikut:

- peralatan pengelasan bahan dan proses dan batasan-batasannya (Innitations)
- persiapan sambungan
- prosedur pengelasan
- penyatuan (fusion) dan penembusan (penetrasi) yang tepat
- kerusakan pengelasan dan metoda pengkoreksian.
- pengujian yang tidak merusak (non destructive testing) dan interpretasi
- persiapan permukaan dan tidak lebih lama daripada hasilnya

### **3.2.3.3 Umum Kerusakan-kerusakan Dalam Pengelasan**

Rincian kerusakan pada pengelasan diberikan pada AWI-Codes.

Beberapa kerusakan dalam pengelasan dapat diketahui dengan pengamatan visual. Termasuk disini undercut (pemotongan terlalu pendek), bentuk yang tidak benar dan kerusakan permukaan. Seorang pemeriksa dapat memakai metoda lain untuk membantunya mengetahui kerusakan-kerusakan pengelasan yang tidak nyata dari pemeriksaan penglihatan visual.

Metoda tersebut adalah :

- Dye Penetrant Test – untuk mendeteksi retak permukaan
- Magnetic Particle Test (pengujian partikel magnetis) untuk mendeteksi retak permukaan atau pada kondisi tertentu, retak yang mungkin berada sedikit di bawah permukaan.
- Radiograph sinar-X atau sinar-gamma untuk mendeteksi kerusakan di bawah permukaan
- Pemeriksaan Ultra Sonic untuk mendeteksi kerusakan di bawah permukaan. Ini ada kerugiannya karena tidak ada rekaman yang permanen dapat dibuat, tetapi sebaliknya daerah yang luas dapat dicakup.

Informasi yang rinci mengenai pengujian tanpa pengrusakan dari pengelasan diberikan dalam berbagai buku pedoman standar pengelasan.

### **3.2.4 Perawatan Perlindungan Baja**

#### **3.2.4.1 Umum**

Perawatan perlindungan terhadap pekerjaan baja haruslah dilaksanakan sesuai dengan Syarat-syarat Teknik atau standar yang sesuai. Perawatan permukaan dan ketebalan dari lapisan perlindungan harus diawasi dan diukur dengan pengontrol (gauges) ketebalan cat.

#### **3.2.4.2 Persiapan Permukaan**

Suatu persiapan permukaan baja dengan tingkat yang cukup, tergantung lingkungan dimana konstruksi itu akan diletakkan (expose), adalah perlu karena adhesi dari sistem pengecatan tergantung pada persiapan permukaan.

Kecuali kotor, debu, minyak, gemuk dan pengotoran permukaan lainnya dibuang, pengecatan yang dilakukan pada permukaan akan mempunyai adhesi yang rendah, dengan akibat kerusakan dari sistem pengecatan dan terbukanya lapisan dibawahnya (substrate) terhadap keadaan luar. Pengecatan harus selalu dilakukan sesegera mungkin setelah persiapan permukaan dan tidak lebih lama daripada hari yang sama.

Pembersihan dengan abrasive blast adalah metoda yang biasa untuk perbaikan permukaan untuk jembatan baja.

#### 3.2.4.3 Pelapis Dasar (Primers)

Lapisan dasar (Primer) memberikan suatu perlindungan yang harus sebagai berikut:

- harus melekat pada permukaan baja
- harus memperlambat korosi pada lapisan bawahnya dengan menghalangi proses korosi mampu dengan bertindak sebagai suatu katoda penghalang yang dikorbankan (cathodic sacrificial barrier), dan
- harus memberikan suatu dasar dimana lapisan cat secara berurutan akan melekat.

Pelapis dasar yang biasanya digunakan pada jembatan baja baru adalah yang kaya seng (zinc rich). Pelapis dasar kaya seng akan melindungi baja karena seng adalah elektro positif terhadap besi. Jika akan terjadi hubungan listrik antara dua metal itu, seng tersebut akan dikorbankan terkorosi lebih dulu daripada besi. Cat kaya seng karena itu harus mengandung banyak butir halus metal seng yang terdiri dari bubuk seng asli, tersebar dalam suatu binder minimal yang stabil. Mereka harus dilapiskan terhadap suatu permukaan yang baru dibersihkan dengan blast, sesuai dengan Syarat-syarat Teknik untuk menjamin kontak listrik yang efektif.

Pelapis dasar kaya seng terdiri atas dua kelas sesuai dengan sifat dan bahan pengikat. Yang paling awet adalah yang berasal dari pengikat anorganik. Grup kedua adalah yang berasal dari bahan pengikat organik. Pengikat ini diperoleh dari sejumlah damar (resin), tetapi variasi dua pak epoxy adalah yang biasanya digunakan untuk penambalan dan pengecatan kembali.

#### 3.2.4.4 Pelapis Bawah (Undercoats)

Pelapisan bawah kadang-kadang disebut tali penutup atau lapisan penghalang dan dipergunakan bila diperlukan untuk menjaga kemungkinan terjadinya pelapisan yang tidak dapat saling melekat. Permukaan alkali membentuk dasar yang kurang baik untuk dilapisi kembali dengan alkali baru yang segar, kecuali bila digunakan pelapis bawah (undercoats). Pengecatan dengan zat pelarut pekat seperti vinil dan karet khlorinal tidak dapat digunakan pada dasar yang berminyak atau alkali, kecuali lapisan penghalang dipakai untuk melawan aksi pengembangan dari larutan yang pekat pada pengikat alkali dari pelapis dasar (primers).

#### 3.2.4.5 Penyelesaian Akhir (Lapisan penutup/atas)

##### a. Oksida Besi

Sifat dari pekerjaan akhir atau lapis atas ditentukan oleh kombinasi dan bermacam zat warna dan zat pembawanya. Yang paling bermanfaat dari zat warna adalah, oksida besi mika yang disingkat MIO (Micaeous Icon Oxide).

Karena warnanya yang abu-abu tua, hampir berwarna arang, hanya warna abu-abu atau warna lumpur yang tersedia. Zat warna oksida besi mempunyai bentuk pipih seperti mika. Serpihan ini terlelak dalam suatu cat film seperti sisik dan merupakan suatu penghalang fisik terhadap masuknya air dan terhadap sinar ultra violet dan sinar matahari yang terutama dapat menurunkan pengikat organis.

##### b. Vinil

Lapisan vinil mampu memberikan perlindungan apabila dipasang diatas pelapis dasar kaya seng. Meskipun demikian penggunaan yang berhasil

tergantung pada penggunaan yang tepat, dan perlindungan kembali tersebut akan memmbulkan masalah kalau kita tidak mengenal tipe yang pasti vinil yang dipakai, dan suatu formulasi yang sesuai tidak tersedia untuk pengecatan ulang. Ada dua perbedaan dasar dan campuran dasar pelapisan di pasar yang belum tentu sesuai satu sama lam dan kedua-duanya dipasarkan sebagai vinil. Hanya pelaksanaan dengan penyemprotan yang mungkin.

**c. Karet Khlorinal**

Lapisan karet khlorinal tersedia keduanya pada 'high build' dan lapisan pengisi dan ini harus dilaksanakan sesuai dengan persyaratan tiap pabrikannya. Cepat kering, gampang dicat kembali dan tahan terhadap pengaruh air serta dilingkungan industri. Bahan ini sesuai untuk dilaksanakan baik dengan sikat, semprot ataupun roller, tetapi yang terbaik dengan cara penyemprotan.

**d. Epoxy**

Jenis dua pak epoxy adalah tepat untuk lapisan high build dan mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap penyaruh air. Bahan ini memerlukan banyak perhatian dalam pengecatan kembali untuk memperoleh adhesi yang cukup untuk pada penutup/atas atau seluruh sistem pelapisan penutup/atas terhadap permukaan lapisan yang telah ada.

**e. Galvanisasi**

Galvanisasi komponen yang lebih berat dan lebih panjang, seperti halnya pada gelagar baja pada jembatan. mungkin menjadi pertimbangan ekonomi sebagai alternatif yang menarik daripada bentuk-bentuk lam dan perawatan dan perlindungan baja.

Pertimbangan yang diperlukan jika galvanisasi digunakan :

- hilangnya kecembungan (camber) gelagar
- perubahan bentuk yang dihasilkan dari cara celup panas galvanisasi dan motoda pengkoreksiannya

- memerlukan penutup pada sambungan-sambungan yang harus dilakukan pengelasan dilapangan
- kemungkinan terjadinya perbedaan warna apabila sebuah gelagar dicelupkan dua kali, dimana batas panjang dari kolam galvanisasi membatasi gelagar yang tercelup separuh dari panjang gelagar pada setiap pencelupan
- membuat alir kembali dari mur dan baut setelah galvanisasi.
- perbaikankerusakan terhadap galvanisasi yang disebabkan karena operasi pengangkutan dan pemasangan.

### **3.2.5 Penanganan Dan Penyimpanan Pekerjaan Baja**

Selama pengangkutan baja dari bengkel fabrikasi ke lapangan, sangat memerlukan perhatian untuk menghindari kerusakan. Bagian-bagian fabrikasi mungkin menjadi mudah rusak karena kurang hati-hati penanganan dan penyimpanannya. Pemuatan dan penurunan dan kendaraan, pengangkutan dan berbagai aspek dalam pengangkutan dan penggudangan harus diawasi ketat.

Untuk penggudangan sementara, komponen baja biasanya diletakkan di atas ganjal yang kuat, kering dan mudah dijangkau. Komponen tersebut harus ditempatkan pada tempat yang tidak terkena air, dan terlindung dari cipratan lumpur, jika tidak cat pelindung akan menjadi rusak sehingga perlu pekerjaan extra untuk membersihkan dan menyiapkan perawatan perlindungan cat di lapangan.

Fabrikator pekerjaan baja harus menyediakan suatu diagram yang menunjukkan pemberian tanda yang benar dari semua komponen dan bagian (segmen-segmen gelagar, bentang, komponen atau sisi hulu dan hilir, bagian atas dan bawah, dan sebagainya), dimana pemberian tanda tersebut harus sesuai dengan pemberian tanda pada komponen dalam kenyataan, dan dengan daftar pengiriman fabrikator. Setiap bagian

sebaiknya juga ditandai dengan beratnya, terutama bila menyangkut komponen-komponen yang berat. Jika mungkin, pengiriman harus dibuat dengan urutan perlunya masing-masing komponen oleh kontraktor yang melaksanakan pemasangan pekerjaan baja.

### **3.2.6 Pemasangan Struktur Baja**

#### **3.2.6.1 Pemasangan Gelegar**

Bagian ini berkaitan dengan jembatan kecil hingga sedang. Jembatan ini dapat dipasang dengan teknik yang sederhana dengan menggunakan alat yang tersedia. Untuk jembatan yang besar, metoda pemasangannya biasanya sudah merupakan bagian dari perencanaan. dan penggunaan peralatan dan teknik khusus dibutuhkan.

Gelegar dapat juga langsung diangkat pada posisinya dengan mobil keran sepanjang sisi jembatan apabila kondisi tanahnya memungkinkan, dengan keran/derek yang tepat posisi pada sekitar posisi penyangga, atau dengan flying fox. Kalau menggunakan flying fox. gelagar pengangkat harus diletakkan diantara fox dan gelagar utama untuk memungkinkan perkiraan pengangkatan vertikal pada gelagar utama. Untuk komponen-komponen yang lebih kecil gelagar pengangkat tidak diperlukan. Untuk komponen yang lebih kecil gelagar pengangkat tidak diperlukan.

Peluncuran dari gelagar selain memerlukan perancah juga suatu bdlok peluncur sementara untuk membawa rel guna keperluan kereta (troleys) atau peluncur/roller dimana gelagar digerakkan. Dengan gelagar menerus diatas dua atau lebih bentang memungkinkan (dengan pemasangan rol diatas pangkal jembatan dan pilar) untuk meluncurkan gelagar-balok tanpa menggunakan perancah. Metoda peluncuran haruslah benar-benar

dinnci penuh dan harus disetujui dahulu oleh Engineer sebelum diijmkan untuk digunakan

Titik-titik pengangkatan biasanya ditentukan untuk gelagar baia dan baja tersebut harus dilindungi ditempat, dimana tali pengikat (sling) ditempelkan sehingga dengan demikian lapisan pelindung tidak rusak. Pengadaan pegangan untuk mengangkat (lifting lug) akan mengurangi kerusakan pada permukaan yang dicat.

Bilamana gelagar telah difabrikasi sebagai bentang yang lengkap, ia dapat langsung diturunkan kebawah, pada baut penahan dan pelat landasan (bearing plate) yang telah dipasang sementara dalam posisi yang telah ditentukan. Bilamana gelagar disambung in-situ, perancah akan diperlukan guna menyokong sambungan atau mungkin bagian gelagar yang lengkap. tergantung dan metoda yang ditentukan perencana.

Pondasi perancah harus dibuat kuat dan dilindungi dari kerusakan oleh sampah dan penggerusan bila di dalam sungai, atau lalu lintas apabila di atas jalan.

Konstruksi perancah harus secara teratur diperiksa dari tanda-tanda penurunan, dan semua kesalahan dikoreksi sebelum pemasangan baut atau pengelasan struktur utama dimulai.

Komponen-komponen harus dipasang bersama-sama tanpa regangan berlebihan (strain) atau perubahan bentuk/distortion yang tak semestinya, dan harus dikoreksi ketepatan memanjang, vertikal dan melintang dan dengan garis tengah dari jembatan.

Penyediaan dongkrak, tali dan atau baji diperlukan untuk mengatur sambungan bilamana perlu dalam 3 (tiga) bidang, untuk persiapan pengelasan, pembautan dan pengencangan.

Selama pemindahan gelagar satu per satu pada posisinya dan sampai gelagar tersebut telah dihubungkan

oleh gelagar melintang dan penguatnya, mereka harus ditahan dengan batang (strut) secara kencang dan atau dengan tali agar tidak terguling. Kayu atau kerangka baja dirancang untuk mencegah gerakan memanjang dan penggulingan dari gelagar dan menghubungkan pada bangunan bawah adalah sesuai untuk tujuan ini. Kerangka harus didirikan dengan suatu cara sehingga mudah dibongkar dan harus ditempatkan ditempat yang bisa menyangga sepenuhnya gelagar sebelum alat (tackle) pengangkat diambil.

Gelagar panjang yang langsing perlu pengkakuan samping sementara sewaktu diangkat dan diletakkan pada posisinya sampai penguat melintang dikencangkan. Suatu sistem rangka horizontal dengan menggunakan batang gesper putar dan batang penahan (strut) dapat dipasang pada masing-masing sisi dan gelagar untuk maksud ini.

### **3.2.6.2 Pemasangan Rangka (Truss Erection)**

Petunjuk pemasangan tersedia untuk masing-masing bentuk jembatan rangka yang berbeda saat ini digunakan diseluruh Indonesia. Petunjuk ini menjelaskan secara rinci metoda pemasangan dan aspek-aspek dari konstruksi sesuai dengan bentuk rangka yang digunakan. Volume III dan Panduan ini memuat penjelasan lebih lanjut mengenai perakitan dan pemasangan rangka-rangka Australia, Hollandia Kloos dan Austria.

Pada umumnya, rangka dapat dibentuk dan diluncurkan pada posisi atau dibangun sebagai suatu kantilever dan salah satu kepala jembatan. Bentang jembatan dari Australia sepanjang 80 m dan 100 m dirancang untuk dipasang sebagai dua kali setengah bentang. Pada setiap kemungkinan, bentang angker dan kentledge (beban mati sebagai ballas) diperlukan untuk menjamin kestabilan.

Semua tipe jembatan rangka (selain jembatan rangka Australia yang berukuran 80 m atau 100 m) dapat dipasang dan salah satu tebing pada peluncur (roller) pemasangan yang ditumpu diatas perancah dan didongkrak kebawah ketempat landasan yang permanen. Pilihan lain jembatan rangka dapat dipasang pada perancah dan didongkrak turun pada landasan permanen dukuti penyelesaian perakitannya dan pengecoran dari lantai beton ditempat (in-situ). Sangat penting untuk penggunaan perancah pada sungai harus diperhitungkan dengan hati-hati karena kehilangan atau kerusakan terhadap perancah dapat berarti suatu konsekwensi hilangnya sebagian dan keseluruhan struktur (bangunan). Ini terutama penting selama pelaksanaan dalam musim penghujan.

### 3.2.6.3 Perkuatan Melintang (Cross-bracing)

Perkuatan melintang mungkin dipadang pada bidang horizontal antara flens rangka atau gelagar box (box girders) atau dalam bidang vertikal antara **gelagar** yang berdekatan, Konstruksi dapat terdiri dari bentuk-bentuk struktural, gelagar pelat fabrikasi atau sistem bentuk segitiga.

Konstruksi ini biasanya dirakit dengan pengelasan atau dengan baut berkekuatan tinggi (high strenght bolts) atau segera pengencang khusus yang dilakukan setelah pemasangan gelagar. Sampai saat itu gelagar harus dilindungi terhadap ketidak-stabilan lateral (ke samping) dan dalam kasus gelagar panjang yang langsing, tekuk (buckling) menyamping terhadap beban luar.

Gelagar box baja (steel box girders) memerlukan penguat dalam (internal bracing) yang permanen untuk mendukung badan (web) yang ramping, dan penguat melintang yang kuat guna menahan terhadap torsi

selama pembebanan, pengangkutan dan pemasangan. Dalam perencanaan diperbolehkan untuk membongkar penguat kedua seperti tsb diatas setelah flens atas ditahan ke samping oleh lantai jembatan. tetapi hal ini dipandang tidak ekonomis.

Kemudahan untuk pengencangan penguat melintang dapat diadakan dengan menggantung suatu kurungan (cage) dan sebuah keran. sebuah truk yang diben platform, sebuah panggung tetap (fixed platform) pada perancah yang didukung dan bangunan utama. Bilamana penguat melintang harus dilas, perlindungan terhadap angin dan hujan harus disediakan pada perancah tersebut.

### **3.2.7 Penyambungan Di Lapangan**

#### **3.2.7.1 Umum**

Bagian-bagian baja dapat disambung pada tempatnya apakah dengan baut berkeuatan tinggi (high strength friction grip) atau dengan pengelasan di lapangan. Penggunaan sistem pengelasan di lapangan memerlukan tersedianya operator las yang terlatih dan pengawas lapangan yang sesuai kualifikasmya.

#### **3.2.7.2 Baut Berkekuatan Tinggi (High Strength Bolts)**

##### **a. Umum**

Baut berkekuatan tinggi dapat diklasifikasikan atas dua tipe, yaitu tipe "friction grip" dengan tanpa geseran dan tipe "bearing" dimana suatu geseran awal diperkenankan. Umumnya sambungan dengan baut dan kebanyakan elemen struktur jembatan modern direncanakan berdasarkan sambungan pegangan gesek (friction grip). Baja yang digunakan pada baut adalah campuran khusus (alloy) yang akan menahan tekanan yang lebih tinggi

daripada baja struktural dan akan memanjang (elongated) sebelum rusak. Mur dibuat dari bahan yang cocok dan cincin penutup (washer) khusus dibuat dari baja diperkeras untuk menahan kejut sewaktu baut dikencangkan.

Tegangan dan pada baut akan timbul karena gesekan antara bagian-bagian sambungan dan gesekan ini dapat memudahkan gaya melalui sambungan. Bilamana tegangan di dalam baut dan koefisien gesekan antara pelat-pelat diketahui, maka gaya yang dapat dipindahkan tanpa mengakibatkan gerakan bagian-bagian yang disambung dapat dihitung. Semua sambungan baut friction grip dengan kekuatan tinggi bekerja menurut prinsip umum ini, tidak tergantung pada jumlah dan susunan baut dalam sambungan.

Semakin tinggi gaya pengekaman atau gaya tegang yang ditimbulkan oleh baut dan semakin tinggi gesekan antara komponen, semakin besar gaya yang dapat dipindahkan antara bagian dan sambungan. Untuk menerapkan prinsip ini pada suatu tingkatan praktis, perencana memperkirakan suatu batas lebih rendah dari tegangan baut dan suatu nilai yang dapat diterima untuk koefisien gesekan diantara permukaan yang bertemu.

Tegangan baut minimum yang harus dicapai untuk diameter baut yang berbeda biasanya disebutkan dalam Syarat-syarat Teknik pelaksanaan Jembatan. Koefisien

gesekan diantara permukaan yang bersinggungan dari konstruksi baja dalam kondisi tertentu dapat diketahui. Dengan pengencangan baut secara tepat dan mengikuti syarat-syarat teknik dengan selalu menjaga permukaan kontak yang bersih dari kotoran, tidak ada karat, lemak, dan sebagainya, baut akan memindahkan gaya sesuai yang diharapkan perencana.

*Baut yang telah dikencangkan penuh tidak boleh digunakan kembali sebagai baut friction grip dan harus segera dibuang.*

#### **b. Baut-baut Berkekuatan Tinggi**

Baut dengan kekuatan tinggi dikencangkan dengan salah satu dari tiga cara - Ring Penunjuk Beban (Load Indicating Washer Method), "Putar Sebagian" (Part-Turn Method) atau " Cara Kontrol Torsi " (Torque Control Method).

Hal yang sangat penting bahwa seluruh daerah permukaan-permukaan yang bersinggungan pada semua sambungan harus diperkasar oleh sikat kawat yang kuat (atau metoda yang sejenis) dan arah dari penyikatan harus melintang (across) flens/atau badan (web) dari bagian yang disamping.

#### **c. Pengencangan Baut dengan Metoda Ring Penunjuk Beban (Load Indicating Washer Method)**

Pada metoda ring penunjuk beban. baut dipasang dengan ring penunjuk berindikasi beban di bawah kepala baut dengan arah menghadap kepala baut dan suatu ring yang diperkeras ditempatkan dibawah

mur. Baut dan mur harus benar-benar dilumasi untuk menjamin bahwa ring penunjuk beban dapat betul-betul rapat ketika dikencangkan. Apabila pelumasan ulang diperlukan, bagian itu harus dibersihkan dan suatu minyak dengan bertekanan kuat, lemak atau lilin digunakan. Permukaan yang bersinggungan harus dijaga tetap bersih dan bila ada minyak harus segera dibersihkan dengan menggunakan pelarut yang sesuai.

Lubang yang digunakan pada semua sambungan harus dipaskan benar, sebelum baut dimasukkan (dengan menggunakan pasak atau drifts yang sesuai). Baut mula-mula dikencangkan dengan tangan dengan menggunakan suatu kunci pas (spanner). Pengencangan dengan tangan, adalah pengencangan yang dicapai oleh usaha penuh dari seorang manusia dengan menggunakan sebuah kunci pas.

Pengencangan akhir tidak boleh dilakukan sebelum semua sambungan menuruti persyaratan mengenai lawan lendut, sambungan-sambungan telah pas dilaksanakan.

Baut akhirnya dikencangkan dengan kunci khusus yang telah ditentukan. Pengencangan dilakukan dengan memutar mur dan bukan kepala baut (kepala baut mungkin perlu ditahan guna mencegah putaran). Tiap baut dikencangkan sampai celah (gap) yang diukur pada alat ring

penunjuk beban berada pada suatu kisaran (range) yang ditetapkan sebelumnya (biasanya 0.1 5 mm sampai 0.25 mm). Celah (gap) ini harus diperiksa dengan menggunakan pengukur celah (feeler gauge). Tegangan harus diberikan secara merata dan hati-hati pada masing-masing baut dalam sambungan. Pengencangan harus dimulai pada baut-baut sebelah dalam (pusat) dan bergerak keluar.

**d. Pengencangan Baut dengan Metoda Putar Sebagian (Part Turn Method)**

Dalam metoda putar sebagian, bagian komponen mula-mula dibuat agar bersinggungan dengan dekat, yang disebut kondisi rapat kencang (snug tight) dengan tangan atau dengan pengaruh kunci Inggris (impact wrenches). Setelah semua baut pada sambungan rapat kencang, tiap baut diberi suatu pengencangan akhir. Pengencangan akhir untuk diameter dan panjang baut yang biasa adalah suatu tambahan setengah putaran dari mur terhadap baut.

**e. Pengencangan Baut dengan Metoda Kontrol Torsi (Torque Control)**

Pengencangan baut dengan Metoda Kontrol Torsi tidak teliti dibandingkan dengan metoda Ring Penunjuk Beban. Perubahan yang sangat kecil dalam koefisien gesekan dari ulir (threads) yang dapat berpengaruh besar terhadap tegangan baut. Kemsakan ulir atau baut-baut yang berbeda dapat menyebabkan hasil pengencangan (tensioning) tidak akurat. Apabila panjang baut yang salah digunakan baut mencapai akhir dan ulir. torsi akan dicapai oleh indicator, padahal baut masih belum kencang. Dalam hal

baut digalvanisasi tegangan yang diperlukan mungkin tidak tercapai kesemuanya dan baut akan rusak karena puntiran yang dihasilkan oleh torsi yang diberikan. Baut biasanya dikirim dengan mur yang diumasi bila metoda ini digunakan.

Pengencangan dengan metoda Kontrol Torsi dapat memberikan suatu hasil yang salah untuk baut yang digalvanisasi.

### 3.2.7.3 Pengelasan Dilapangan

Prosedur pengelasan di lapangan dan umumnya sama dengan pengelasan di bengkel. Namun demikian situasi pekerjaan menimbulkan kesulitan-kesulitan khusus. Biasanya, digunakan pengelasan lengkung (arc) dengan tangan karena peralatan yang mudah dibawa.

Prosedur harus dipilih dimana perubahan bentuk dan tegangan penyusutan sisa (residual shrinkage stresses) dibuat sekecil mungkin. Ini memerlukan suatu urutan pengerjaan dimana pemberian panas dibuat seimbang kira-kira ditengah-tengah kemungkinan pergerakan. Pada beberapa kasus dua orang tukang las dapat bekerja pada sisi-sisi yang berlawanan untuk mengerjakan satu sambungan. Elektroda rendah hidrogen digunakan untuk sambungan dimana tambahan ductilitas diperlukan.

Kerap kali prosedur pengelasan dapat dibuat bervanasi (untuk meningkatkan kualitas pengelasan dan mengurangi distorsi) setelah beberapa sambungan telah selesai diadakan dan diperiksa. Sambungan yang diperkirakan besar penyusutannya harus dibuat pertama kali bilamana anggota yang disambung mempunyai sedikit tahanan (restraint).

Steiger yang disediakan untuk pengelas harus mencapai standar yang tinggi karena seorang pengelas cukup lama

bekerja pada suatu sambungan. Sebagai konsekuensinya perlu suatu steiger yang memadai dan aman guna memperoleh suatu standar hasil pekerjaan yang tinggi.

Lemari pengering yang dapat dibawa (untuk menjamin bahwa elektroda tetap kering) mungkin diperlukan dekat tempat bekerja, tergantung dan pada tipe dari elektroda dan jarak dari penyimpanan elektroda utama. Perlindungan terhadap cuaca dapat meningkatkan kecepatan dan kualitas pekerjaan ditempat untuk waktu yang lama, dengan melindungi pengelas dan pelaksanaan pengelasan dan hujan dan angin.

Perlengkapan klem yang terdiri dari potongan baja sudut yang berlobang, klem baut, baut panjang, pasak dan baji sangat berguna untuk menarik ke dalam dan meluruskan anggota-anggota sebelum diadakan pengelasan.

#### **3.2.7.4 Perubahan Cat Galvanised**

Bilamana perawatan perlindungan dan bagian-bagian baja (pengecatan atau galvanisasi) telah rusak selama penanganan atau pemasangan, harus diadakan perbaikan sesuai dengan persyaratan dalam Syarat-Syarat Teknik. Beberapa jembatan direncanakan untuk diberi lapisan akhir pengecatan sesudah pemasangan, dimana baja hanya dilapisi suatu lapis dasar (primer) sebelum pemasangan.

### **3.3 JENIS-JENIS MATERIAL UNTUK PEKERJAAN JEMBATAN RANGKA BAJA**

Selain mampu mengidentifikasi, mampu memilih susunan jenis komponen yang akan dipasang, dan mampu menjelaskan isi dari buku Manual (Petunjuk Perakitan dan Pemasangan Jembatan Rangka Baja), gambar rencana penandaan (truss marking plan), gambar detail rakitan pada setiap simpul sambungan dan gambar-gambar detail lainnya yang diperlukan untuk memasang satu rangkaian tipe bentang jembatan rangka baja pabrikan yang akan dipasang kepada anggota kelompok kerja. Seorang pejabat Steel Erector of Truss Bridge (Mandor Pemasangan Rangka Baja Jembatan) dituntut untuk memiliki dedikasi yang tinggi dan senang terhadap

pekerjaan yang akan dilaksanakan, disiplin, tegas dan mampu memimpin anggota kelompok kerjanya.

Apa yang tersebut di atas, merupakan dasar untuk mampu memimpin anggota kelompok kerja, untuk suatu kegiatan dalam lingkup kerjanya.

Mampu mengkoordinir dengan bijak semua masukan yang positif dari anggota kelompok kerja, untuk keselamatan, keamanan, kenyamanan dan kelancaran pelaksanaan pekerjaan.

Mengkoordinir dan menentukan kelayakan kondisi komponen, jumlah dan jenis & nomor kode komponen, jumlah dan jenis ukuran baut, untuk disiapkan dan disusun/dikumpulkan sesuai kebutuhan pada gambar rencana dan urutan kerja.

Contoh : Pelaksanaan pemasangan tipe bentang B 40 dengan sistem perancah.

Untuk perakitan 1 (satu) segmen rangkaian bagian bawah, komponen yang dipersiapkan :

- 1 buah Cross Girder ( XB2M ), komponen assemblie berupa 1 buah ( MBA1/L ), 1 buah ( MBA1/R ), 2 buah ( MBA2 ), 2 buah ( MBA3 ), 4 buah ( MBA4 ).
- 1 buah Cross Girder ( XB1M ), 2 buah Gusset Plate ( MG3 ), 2 buah Chords ( CM1A ), 2 buah Splice Plate web ( MS6C ), 4 buah Splice Plate flange ( MS5 ), 4 buah Pack Plate outer flange ( MS12 ), 3 buah Stringer ( SB1 ), 2 buah Stringers ( SB2 ), 12 buah Connection Angle ( CA1 ), 8 buah Connection Angle ( CA2 ), 362 set Bolts B90 dan 65 set Bolts B60.

### **3.4 JENIS-JENIS PERALATAN UNTUK PEKERJAAN JEMBATAN RANGKA BAJA**

Satu set perkakas (Tool Kit) yang dibutuhkan untuk pemasangan rangka baja jembatan, ukuran besar perkakas atau kuncinya-kuncinya harus disesuaikan dengan ukuran besar Ø jenis Baut yang digunakan.

Satu set perkakas (Tool Kit), minimal terdiri dari :

- 3 (tiga) buah kunci pas 24 mm dengan satu ujungnya lancip.
- 2 (dua) buah kunci pas 12 mm dengan satu ujungnya lancip.
- 3 (tiga) buah kunci kombinasi pas & ring Ø 24 mm.
- 3 (tiga) buah kunci kombinasi pas & ring Ø 12 mm.
- 2 (dua) socket standar Ø 24 mm.

- 2 (dua) socket panjang Ø 24 mm.
- 1 (satu) buah tube spanner(kunci polong) Ø 30 mm, Ø24mm dan Ø12 mm.
- 2 (dua) buah drift.
- 2 (dua) buah hammer 28 OZ
- 1 (satu) buah rolmeter ( 30 meter ).
- 2 (dua) buah kunci pipa ( 60 cm ), dll.

Selain perkakas (Tool Kit) tersebut diatas diperlukan alat bantu yang lain, minimal 1 (satu) buah kunci momen (Torque Wrench) 700-1000 Nm (3/4" drive), untuk pengencangan dan mengukur kekencangan Baut, yang ditetapkan sesuai Manual rangka baja jembatan yang akan dipasang.

Dan apabila pemasangan menggunakan sistem kantilever, diperlukan rangka baja pemberat (Counter Weight) dengan kelas yang sama dan 1 (satu) set rangka penghubung (Link Set) dengan tipe sesuai tipe bentang rangka baja pemberat (Counter Weight) dan rangka baja kantilever.

Untuk menurunkan tipe bentang rangka baja jembatan yang sudah selesai terpasang, diperlukan minimal 1 (satu) set Hydraulic Jack dengan kelengkapan 1 (satu) Hand Pump, 2 (dua) buah Cylinder, 3 (tiga) buah slang hydraulic, dll.

Besaran kapasitas Hydraulic Jack tersebut di atas, disesuaikan dengan berat tipe bentang rangka baja jembatan yang akan diturunkan. Misal total berat tipe bentang rangka baja jembatan 260 ton, diperlukan Hydraulic Jack kapasitas 100 ton, dll.

Jenis kapasitas Hydraulic Jack untuk pekerjaan jembatan rangka baja, 200 ton, 150 ton, 100 ton, 75 ton, dan 50 ton.

Selain alat bantu tersebut di atas yang bisa dipinjam, harus dipersiapkan pula alat bantu lainnya minimal :

- 1 (satu) unit alat pengangkut yang mampu mengangkut dari tempat penumpukan ketempat pemasangan, komponen dengan berat 2 (dua) ton.
- 1 (satu) unit alat pengangkat (bisa berupa seperti tersebut pada 2.1 & 2.2) yang mampu mengangkat komponen Cross Girder dengan berat 2 (dua) ton, dari lokasi pekerjaan keposisi kedudukan komponen Cross Girder tersebut.
- 2 (dua) rol tambang dengan panjang masing-masing disesuaikan kebutuhan, yang masing-masing tambang salah satu ujungnya diikatkan pada ujung komponen yang diangkat, untuk mengendalikan arah komponen keposisinya.
- 2 (dua) buah tangga kayu yang kuat, untuk pekerjaan bagian atas jembatan.

- 2 (dua) buah box (andangan) yang mudah dipindah-pindah, untuk tempat pekerja kelompok bagian atas, dll.

### **3.5 JENIS-JENIS PERALATAN PENDUKUNG UNTUK PEKERJAAN JEMBATAN RANGKA BAJA**

Pemasangan rangka baja jembatan yang mempunyai lebih dari satu bentang, lebih aman dan efisien apabila dilaksanakan dengan sistem kantilever (piece by piece). Untuk memasang bentang pertama, bahan rangka baja bentang kedua atau bentang yang lain, dapat dipasang di atas jalan pendekat (oprit) sebagai bentang pemberat (counterweight).

Apabila permukaan jalan pendekat (oprit) sudah sesuai dengan tinggi permukaan yang direncanakan, maka pemasangan rangka baja bentang pemberat dan rangka baja bentang kantiler hanya membutuhkan balok kayu untuk ganjal dan bantalan sementara.

Pemasangan rangka baja bentang pemberat (counterweight), selain membutuhkan balok kayu untuk bantalan sementara yang dipasang pada keempat perletakkannya, juga memerlukan balok kayu untuk ganjal yang ditempatkan di bawah kedua ujung setiap komponen Cross Girder.

Untuk rangka baja bentang kantilever, diperlukan balok kayu hanya untuk bantalan sementara yang dipasang pada keempat perletakkannya.

Tinggi susunan ganjal dan susunan bantalan sementara, disesuaikan dengan perhitungan besaran penurunan ujung bentang kantilever (defleksi) dan biasanya desainer pabrikan sudah membuat tabel yang dicantumkan dalam Manual atau dalam lembaran gambar.

Setelah besaran penurunan (defleksi) diketahui, maka dapat menghitung jumlah balok kayu yang dibutuhkan untuk ganjal dan perletakan sementara.

Apabila pelaksanaan erection (pemasangan) menggunakan sistem perancah di bantaran sungai, selain memerlukan balok kayu sebagai ganjal dan bantalan sementara, diperlukan bahan untuk tiang perancah berupa pipa pancang baja atau batang kelapa dengan skur balok kayu, dll.

Susunan balok kayu untuk bantalan sementara yang dipasang pada keempat perletakan bentang rangka baja jembatan, akan menerima beban vertikal yang besar akibat berat sendiri bentang rangka baja jembatan dan beban horizontal akibat pergerakan bentang rangka baja jembatan kearah memanjang maupun melintang.

Untuk mampu menahan beban-beban tersebut, harus dipersiapkan dan dipilih balok dari kayu yang keras dengan kekuatan tekan tidak kurang dari 100 kg / cm<sup>2</sup>, dengan penampang balok 10 cm x 15 cm dan panjang balok 1,50 m.

Pada pelaksanaan erection (pemasangan) dengan sistem perancah (falsework), diperlukan ganjal yang ditempatkan dibawah kedua ujung semua Cross Girder, untuk memudahkan perakitan komponen dan menentukan tinggi besaran camber (lawan lendut). Agar tinggi besaran camber (lawan lendut) tidak berubah dari semula yang direncanakan, kedudukan permukaan atas rangkaian tiang perancah stabil / tetap dan juga diperlukan ganjal balok kayu yang kuat. Untuk maksud tersebut dan agar balok kayu bekas ganjal dapat dipergunakan untuk keperluan bantalan sementara dan dapat dipergunakan berulang-ulang, maka bahan untuk ganjal dipersiapkan dan dipilih dari balok kayu dengan ukuran dan mutu kayu yang sama dengan kebutuhan balok kayu untuk bantalan sementara tersebut di atas.

Seperti telah dijelaskan pada Bab. 3.1 dan 3.2 tersebut di atas, untuk mencapai hasil pekerjaan yang baik sesuai yang direncanakan, pelaksanaan pekerjaan erection (pemasangan) rangka baja jembatan diperlukan beberapa pendukung diantaranya bahan bantalan sementara dan ganjal dari balok kayu.

Balok kayu yang perlu dipersiapkan / disediakan :

- Dari jenis kayu yang keras, dengan kekuatan tekan tidak kurang dari 100 kg / cm<sup>2</sup>.
- Ukuran penampang balok 10 cm x 15 cm, panjang balok 1,50 meter.
- Tidak berlobang, tidak timbul gejala pecah dan tidak keropos sebagian atau seluruhnya.
- Jumlah balok kayu, dapat dihitung sesuai tipe bentang rangka baja jembatan yang dipasang dan sistem erection (pemasangan) yang akan dilaksanakan.

## BAB IV

### KEBUTUHAN TENAGA KERJA

Untuk menyelenggarakan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja. Seperti telah disebutkan di muka bahwa jenis dan intensitas kegiatan proyek berubah cepat sepanjang siklusnya, sehingga penyediaan jumlah tenaga, jenis keterampilan, dan keahlian harus mengikuti tuntutan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Bertolak dari kenyataan tersebut, maka suatu perencanaan tenaga kerja proyek yang menyeluruh dan terinci harus meliputi perkiraan jenis dan kapan keperluan tenaga kerja, seperti tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu pada tahap desain engineering dan pembelian, supervisor dan pekerja lapangan untuk pabrikasi dan konstruksi. Dengan mengetahui perkiraan angka dan jadwal kebutuhannya, maka dapat dimulai kegiatan pengumpulan informasi perihal sumber penyediaan baik kuantitas maupun kualitas. Keadaan yang sering dialami adalah keterbatasan jumlah penawaran dibanding permintaan di wilayah yang bersangkutan pada saat diperlukan. Bila hal ini terjadi, maka bagaimanapun baiknya rencana di atas kertas, dalam implementasinya akan menghadapi kesulitan. Sama halnya dengan sumber daya manusia, adalah perencanaan untuk peralatan dan material proyek, terutama bagi *long delivery items*, atau yang langka tersedia di pasaran. Bab III akan membahas perencanaan sumber daya proyek yang berbentuk sumber daya manusia atau tenaga kerja. Diawali dengan memperkirakan jumlah tenaga kerja yang diperlukan, yaitu dengan mengkonversikan lingkup proyek dari jumlah jam-orang menjadi jumlah tenaga kerja. Untuk ini diperlukan parameter penting yaitu produktivitas tenaga kerja. Disajikan pula berbagai faktor dan batasan yang mempengaruhi produktivitas. Dilanjutkan dengan membahas beberapa metode memperkirakan keperluan tenaga kerja pada berbagai tahap kemajuan proyek, dan diakhiri dengan menganalisis distribusi tenaga yang tipikal untuk proyek E-MK.

#### 4.1 JUMLAH TENAGA KERJA

Pekerjaan erection (pemasangan) rangka baja jembatan, adalah pekerjaan sipil yang mempunyai ciri khas yang berbeda dengan pekerjaan sipil lainnya. Diperlukan tenaga kerja yang mampu dan menunjukkan sifat :

- Senang terhadap pekerjaan yang akan dilaksanakan.
- Kebersamaan / kompak sesama teman dalam kelompok kerja.
- Disiplin yang tinggi.
- Terampil, cepat dan mudah mengerti instruksi / komando.
- Tidak takut ketinggian.
- Inisiatif dan mampu memberi saran pemecahan masalah/kesulitan dalam melaksanakan pekerjaan, dll.

Untuk melaksanakan pekerjaan erection (pemasangan) rangka baja jembatan, diperlukan kelompok - kelompok kerja, misalnya :

- **Kelompok-1** : 3 orang, tugasnya memilih, memeriksa, menyusun dan menyiapkan komponen sesuai jenis & nomornya yang akan dipasang, dan menyiapkan perkakas (Tool Kit) yang akan digunakan.
- **Kelompok-2** : 2 orang, tugasnya menyiapkan balok kayu untuk bantalan sementara, ganjal atau bahan tiang perancah, pondasi sementara & bahan beban kentledge (kalau diperlukan).
- **Kelompok-3** : 7 orang, tugasnya bertanggung jawab untuk menyiapkan & menjalankan alat bantu pengangkut, pengangkat dan box (andangan) tempat kerja, dll.
- **Kelompok-4** : 2 orang, tugasnya pemasangan komponen atas (bagian kiri).
- **Kelompok-5** : 2 orang, tugasnya pemasangan komponen atas (bagian kanan).
- **Kelompok-6** : 2 orang, tugasnya pemasangan komponen bawah (bagian kiri).
- **Kelompok-7** : 2 orang, tugasnya pemasangan komponen bawah (bagian kanan).
- **Kelompok-8** : 2 orang, tugasnya cek kekencangan Baut.
- **Kelompok-9** : 3 orang, tugasnya pemasangan bearing & seismic buffer, ankur, penurunan jembatan dan pembersihan.
- **Kelompok-10** : 1 orang, tugasnya menyiapkan sarana PMI dan pertolongan pertama kalau ada kecelakaan di tempat kerja.

Sehingga untuk melaksanakan pekerjaan pemasangan rangka baja jembatan, diperlukan minimal 26 orang tenaga kerja yang terampil yang terbagi dalam 10 kelompok kerja.

## 4.2 PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA

Setelah ditetapkan kelompok kerja dengan jumlah anggota dan tugasnya, maka dapat diketahui urutan kerja kelompok dan dapat diperhitungkan waktu yang diperlukan masing-masing kelompok untuk melaksanakan tugasnya.

Menghitung waktu kerja yang dibutuhkan untuk masing-masing kelompok tersebut, tergantung dari hal-hal sebagai berikut :

- Sistem erection (pemasangan), yang akan dilaksanakan.
- Kondisi lokasi tempat pekerjaan.
- Lokasi tempat penyimpanan komponen dengan tempat awal pemasangan.
- Jarak tempat pemasangan ketempat penyimpanan komponen jembatan.
- Jenis, kondisi dan kemampuan alat angkut dan alat pengangkat.
- Berat komponen yang akan diangkut dan diangkat, dll..

Waktu pelaksanaan suatu kegiatan, ditentukan dari kekompakan, kerjasama dan kemampuan sarana yang digunakan oleh setiap kelompok.

Pelaksanaan pengangkutan, pengangkatan dan pemasangan, satu sama lainnya saling menunjang dan saling berpengaruh untuk waktu yang diperlukan.

Contoh : Erection (pemasangan) dengan sistem kantilever.

Komponen yang sudah diangkut dan siap ditempat pemasangan (ujung rangka baja kantilever yang sudah selesai dipasang), harus segera diangkat keposisi perakitan, dan segera dipasang sesuai posisi kedudukannya. Karena (ujung rangka baja kantilever yang sudah selesai dipasang), tidak boleh ada tumpukan komponen yang akan menambah beban dan momen guling.

Dengan demikian untuk perhitungan produktifitas, tidak bisa dihitung untuk masing-masing kelompok, melainkan kemampuan kerja untuk satu tem erection (pemasangan) setiap harinya.

## 4.3 PENENTUAN JADWAL TENAGA KERJA TERAMPIL YANG DIPERLUKAN

Seperti telah dijelaskan pada 4.1 dan 4.2 tersebut di atas, dan setelah diketahui/dihitung volume pekerjaan & waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing kelompok kerja, serta telah ditetapkan sistem erection (pemasangan) yang akan dilaksanakan, maka dapat dibuat jadwal kegiatan untuk masing-masing kelompok kerja.

Dari jadwal tersebut dapat diperhitungkan dan diketahui waktu kerja masing-masing kelompok. Dengan demikian dapat diketahui kapan waktunya dan kelompok kerja yang mana yang diperlukan.

Contoh : Jembatan yang akan dipasang terdiri dari tipe bentang B60 + B40, pemasangan dengan sistem kantilever, menggunakan tipe bentang B40 untuk rangka baja counterweight (pemberat) yang akan dipasang diatas jalan pendekat (oprit).

Maka **Kelompok-2**, harus menyiapkan balok kayu dari jenis kayu yang keras dengan kekuatan tekan tidak kurang dari 100 kg/cm<sup>2</sup>, dengan ukuran balok 10 cm x 15 cm x 150 cm, dengan jumlah sesuai kebutuhan untuk bantalan sementara di kedua perletakan belakang bentang B40, ganjal dibawah kedua ujung 8 buah Cross Girder, timber cribwork/bantalan sementara dikedua perletakan ujung awal rangka baja kantilever (bentang B60) dan untuk bantalan sementara dikedua perletakan ujung akhir rangka baja kantilever (bentang B60).

Catatan : Setelah rangka penghubung (Link Set) selesai terpasang, maka ganjal balok kayu untuk 8 buah Cross Girder bentang B40 dilepas. Balok tersebut digunakan lagi untuk bantalan sementara dikedua perletakan ujung akhir rangka baja kantilever (bentang B60). Sisanya digunakan untuk ganjal lagi waktu pembongkaran rangka pemberat B40, dan digunakan lagi untuk bantalan sementara dikedua perletakan ujung awal rangka baja kantilever (bentang B40) dan untuk bantalan sementara dikedua perletakan ujung akhir rangka baja kantilever (bentang B40).

Dengan demikian untuk menghemat bahan dan waktu, harus diperhitungkan dengan cermat berapa jumlah balok yang diperlukan. Setelah mengetahui jumlah balok kayu yang harus disiapkan, maka dapat diperhitungkan waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan balok kayu tersebut, contoh gambar terlampir.

Dari contoh tersebut di atas, maka perhitungan waktu dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk kelompok lainnya dapat dilakukan, dan hasilnya dapat menentukan jadwal kerja harian ataupun mingguan.

## RANGKUMAN

### Jadwal Pelaksanaan

1. H.L. Gant merintis perencanaan dan pengendalian proyek yang sistematis dan analitis dengan memperkenalkan metode bagan balok. Metode ini mengidentifikasi urutan kegiatan dan unsur waktu, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai, dan saat pelaporan.
2. Jaringan kerja merupakan penyempurnaan dari metode bagan balok. Pada jaringan kerja, telah terjawab pertanyaan-pertanyaan seperti berapa lama kurun waktu penyelesaian proyek tercepat, kegiatan mana bersifat kritis dan nonkritis, dan lain-lain.
3. Karena luasnya aspek yang dijangkau metode jaringan kerja dalam penyelenggaraan proyek, maka sering dianggap proses menyusun jaringan kerja identik dengan metodologi manajemen proyek. Anggapan tersebut tidak sepenuhnya lengkap, karena manajemen proyek di-samping berurusan dengan perencanaan dan pengendalian (yang merupakan area jaringan kerja), masih memiliki fungsi-fungsi lain seperti mengorganisir, memimpin, dan *staffing*.
4. Prosedur dan sistematika menyusun jaringan kerja berturut-turut adalah mengkaji dan memecah lingkup proyek menjadi komponen-komponen kegiatan, menyusun kembali sesuai dengan logika ketergantungan, memberikan perkiraan waktu, dan mengidentifikasi jalur kritis. Dan bila diinginkan, dilanjutkan dengan mencari jadwal yang ekonomis dan optimal.
5. Kaidah dasar jaringan kerja (CPM/PERT) adalah kecuali sebagai kegiatan awal, maka sebelum suatu kegiatan dapat mulai, kegiatan terdahulu (*predecessor*) harus sudah selesai.
6. Berbagai faktor hendaknya diperhatikan dalam memperkirakan kurun waktu kegiatan, antara lain menggunakan hari kerja biasa (tidak lembur), jumlah sumber daya normal, tidak dipengaruhi target, pengaruh cuaca, memperhatikan peraturan yang berlaku (izin mendirikan bangunan), dan lain-lain.
7. Dikenal dua macam estimasi kurun waktu, CPM memakai cara deterministik satu angka, sedangkan PERT memakai tiga angka probabilitas dengan rentang waktu.

8. Analisis varians merupakan metode pengendalian yang luas penggunaannya, baik untuk biaya maupun jadwal. Mekanismenya adalah membandingkan perencanaan (standar) dengan kenyataan hasil pelaksanaan. Misalnya pengeluaran dengan anggaran, kemajuan pekerjaan dengan jadwal atau jadwal induk.
9. Grafik "S" dapat dipakai untuk menyajikan varians biaya maupun jadwal agar dapat melihat *trend* (kecenderungan) secara lebih jelas.
10. Metode pengendalian yang mengkaitkan anggaran dengan persentase (%) penyelesaian pekerjaan dikenal sebagai konsep nilai hasil atau *earned value concept* dengan indikator-indikator BCWP, ACWP, dan BCWS.
11. Dengan memakai 3 indikator di atas dapat dievaluasi angka-angka varians terpadu, yaitu varians yang mengkaitkan jadwal dengan biaya, seperti varians biaya terpadu (=BCWP-ACWP) dan varians jadwal terpadu (= BCWP-BCWS).
12. Dengan 3 indikator di atas juga dapat dihitung indeks produktivitas biaya dan jadwal. Indeks kinerja biaya =  $BCWP/ACWP$ , dan indeks kinerja jadwal =  $BCWP/BCWS$ .
13. Konsep kriteria sistem pengendalian biaya dan jadwal C/S-CSC merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode nilai hasil dengan mengkaitkan anggaran, jadwal, pengeluaran, nilai hasil, paket kerja, dan organisasi pelaksana. Dengan demikian, C/S-CSC meletakkan dasar mekanisme dan prosedur pengendalian yang sistematis dan integratif.
14. Konsep C/S-CSC lebih nyata faedahnya bagi proyek-proyek besar dan kompleks. Bagi proyek berukuran kecil dan sederhana, pemakaiannya mungkin dianggap terlalu ruwet (*complicated*).
15. Pengendalian biaya dan jadwal bertujuan agar pelaksanaan pekerjaan proyek sesuai dengan anggaran dan memenuhi jadwal induk yang ditetapkan.
16. Unsur-unsur pengendalian biaya dan jadwal adalah anggaran, *milestone*, dan jadwal induk (sebagai patokan), perangkat berupa SIMP, prakiraan dan rencana tindakan (*action plan*).

17. Penggolongan pengendalian biaya dan jadwal sesuai siklus proyek, yaitu pengendalian tahap konseptual, PP/definisi, dan implementasi. Dapat pula ditinjau per kegiatan seperti pengendalian engineering, pengadaan, dan konstruksi.
18. Potensi hasil pengendalian biaya yang maksimal terletak di tahap konseptual, di mana segala sesuatu sedang dirumuskan. Di sini disaring berbagai alternatif. Dalam menentukan pilihan alternatif inilah harus selalu diingat aspek biaya.
19. Pengendalian biaya dan jadwal engineering terdiri dari meneliti kemajuan fisik (jumlah perhitungan/studi, spesifikasi, gambar, dan paket MR yang diselesaikan) dan penggunaan jam-orang dan biaya masing-masing disiplin.
20. Pengendalian biaya dan jadwal pengadaan meliputi pemeriksaan jumlah penyelesaian (bersama bidang engineering) MR, jumlah, dan waktu penyerahan barang dan peralatan, penentuan harga pemenang lelang, dan lain-lain.
21. Dalam kegiatan konstruksi, pengendalian biaya dan jadwal dipusatkan pada masalah penggunaan jam-orang antara anggaran dan kenyataan. Hal ini mengingat porsi terbesar pengeluaran adalah untuk membayar tenaga kerja. Sedangkan pengendalian jadwal didasarkan atas pencapaian *milestone*.

## **Kebutuhan Material dan Peralatan**

Pada pemasangan rangka baja jembatan akan ditemui berbagai jenis komponen yang menyatukan setiap bagian untuk membentuk suatu rangka jembatan yang tergantung pada jenis dan tipe rangkanya sendiri yang pada umumnya tergantung pada pabrik pembuatnya. Tiap jenis material dan peralatan termasuk komponen rangkanya sendiri mempunyai sifat-sifat fisik yang berbeda untuk setiap jenis tipe rangkanya sendiri.

Dengan perbedaan sifat-sifat setiap komponen maupun material serta peralatannya akan memberikan pengaruh yang berbeda dalam cara memperlakukan serta penyimpanan dan pengangkutan maupun pemasangannya sendiri, sehingga Mandor pemasangan rangka baja jembatan harus mengetahui fungsi dan manfaat setiap jenis komponen, metode pemasangan, dan peralatan yang digunakan agar proses pemasangan dan penyetelan dapat berlangsung sesuai jadwal pelaksanaan yang ditetapkan dengan tidak mengabaikan mutu pekerjaan sesuai standar dan spesifikasi yang ditetapkan.

Yang perlu diketahui dalam pelaksanaan pemasangan rangka baja jembatan adalah :

1. Jenis-jenis kegiatan pada pekerjaan jembatan rangka baja, yang terdiri dari :
  - Fabrikasi Pekerjaan Baja
  - Pengelasan
  - Pemeriksaan Pada Pekerjaan Baja Fabrikasi
  - Perawatan Perlindungan Baja
  - Perawatan Perlindungan Baja
  - Penanganan dan Penyimpanan Pekerjaan Baja
  - Pemasangan Struktur Baja
  - Penyambungan di Lapangan
2. Jenis-jenis Material untuk Pekerjaan Jembatan Rangka Baja
3. Jenis-jenis Peralatan untuk Pekerjaan Jembatan Rangka Baja
4. Jenis-jenis Peralatan Pendukung untuk Pekerjaan Jembatan Rangka Baja

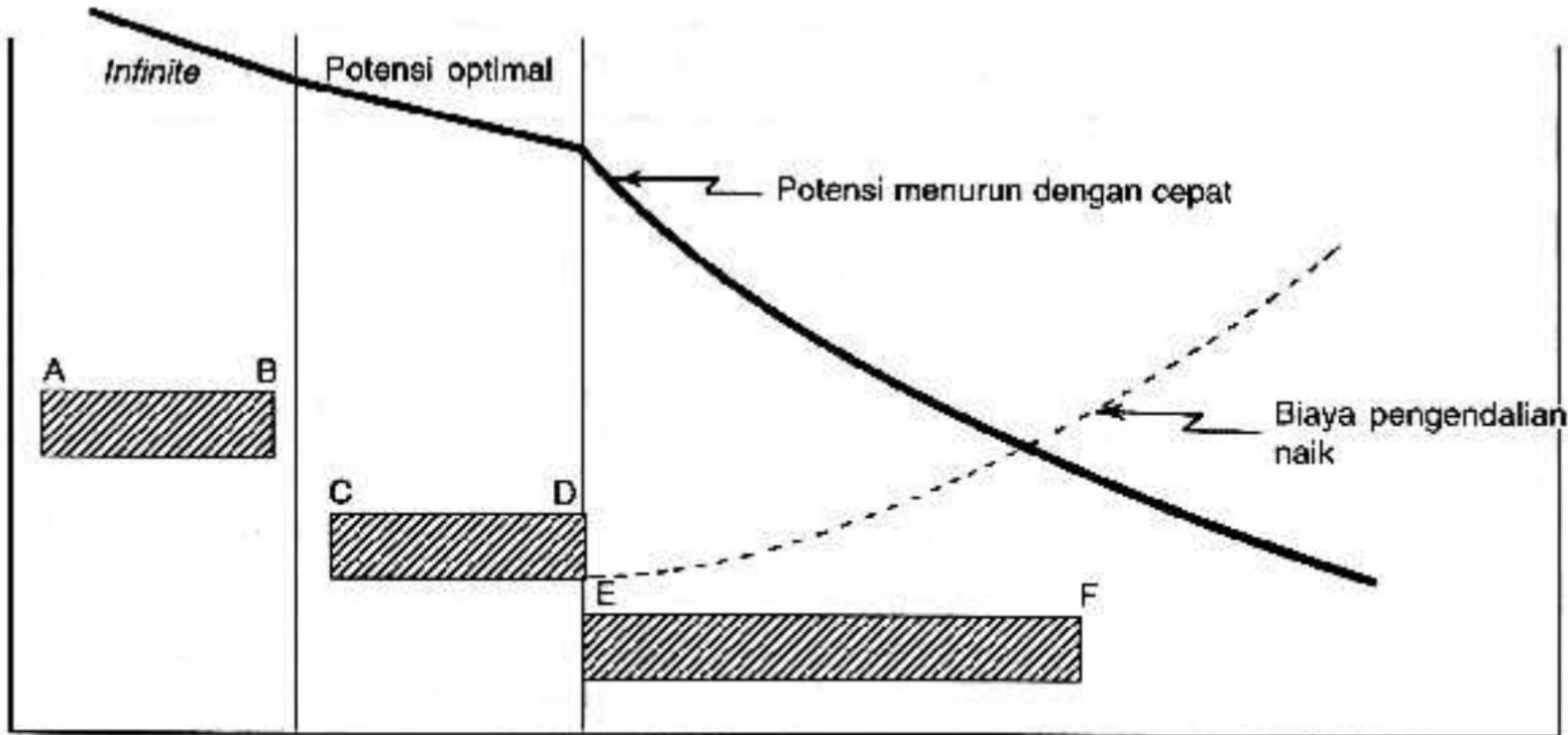
### **Kebutuhan Tenaga Kerja**

1. Untuk merencanakan tenaga kerja, langkah pertamanya adalah perlu mengetahui jumlah tenaga kerja yang diperlukan
2. Secara teoritis keperluan rata-rata tenaga kerja proyek dapat diperkirakan dari total lingkup kerja, yang dinyatakan dalam jam-orang dibagi dengan kurun waktu proyek. Namun cara tersebut tidak realistis karena keperluan tenaga kerja selama siklus proyek tidak konstan.
3. Grafik jumlah tenaga kerja proyek mengikuti bentuk genta atau trapesium, yaitu terdiri dari masa naik, puncak, dan menurun.
4. Faktor utama yang mempengaruhi jumlah tenaga kerja adalah produktivitas tenaga kerja. Angka ini dapat diperoleh dari institusi atau lembaga yang terkait.
5. Besarnya produktivitas tenaga kerja tergantung dari lokasi, kondisi alam, kelompok kerja, lama waktu, kepadatan tenaga kerja, dan lain-lain.
6. Perusahaan engineering konstruksi dan konsultan sering memiliki grafik, metode, dan data korelasi antara keperluan tenaga kerja dengan lingkup kegiatan proyek. Data demikian amat berguna untuk memperkirakan dengan cepat keperluan tenaga kerja. Salah satu di antaranya adalah metode trapesium.

7. Tenaga kerja konstruksi merupakan porsi terbesar dari proyek E-MK. Kontraktor mempunyai ikatan tenaga kerja dengan mereka berdasarkan borongan dan/atau langsung (*direct hire*).
8. Untuk menjaga efisiensi dan mencegah redundansi, perlu diusahakan sekecil mungkin terjadinya fluktuasi yang tajam dalam masalah keperluan tenaga kerja. Hal ini diusahakan dengan sistem multiguna dan meratakan penggunaan sumber daya (*resource leveling*).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, **Panduan Pengawasan Pelaksanaan Jembatan, Bagian 2 Aspek Pengawasan Pelaksanaan**, Dokumen No.BMS9-M.I, Pebruari 1993.
2. Ir. Imam Soeharto, **Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional.**, Cetakan Pertama, Penerbit Erlangga, Jakarta 1995.



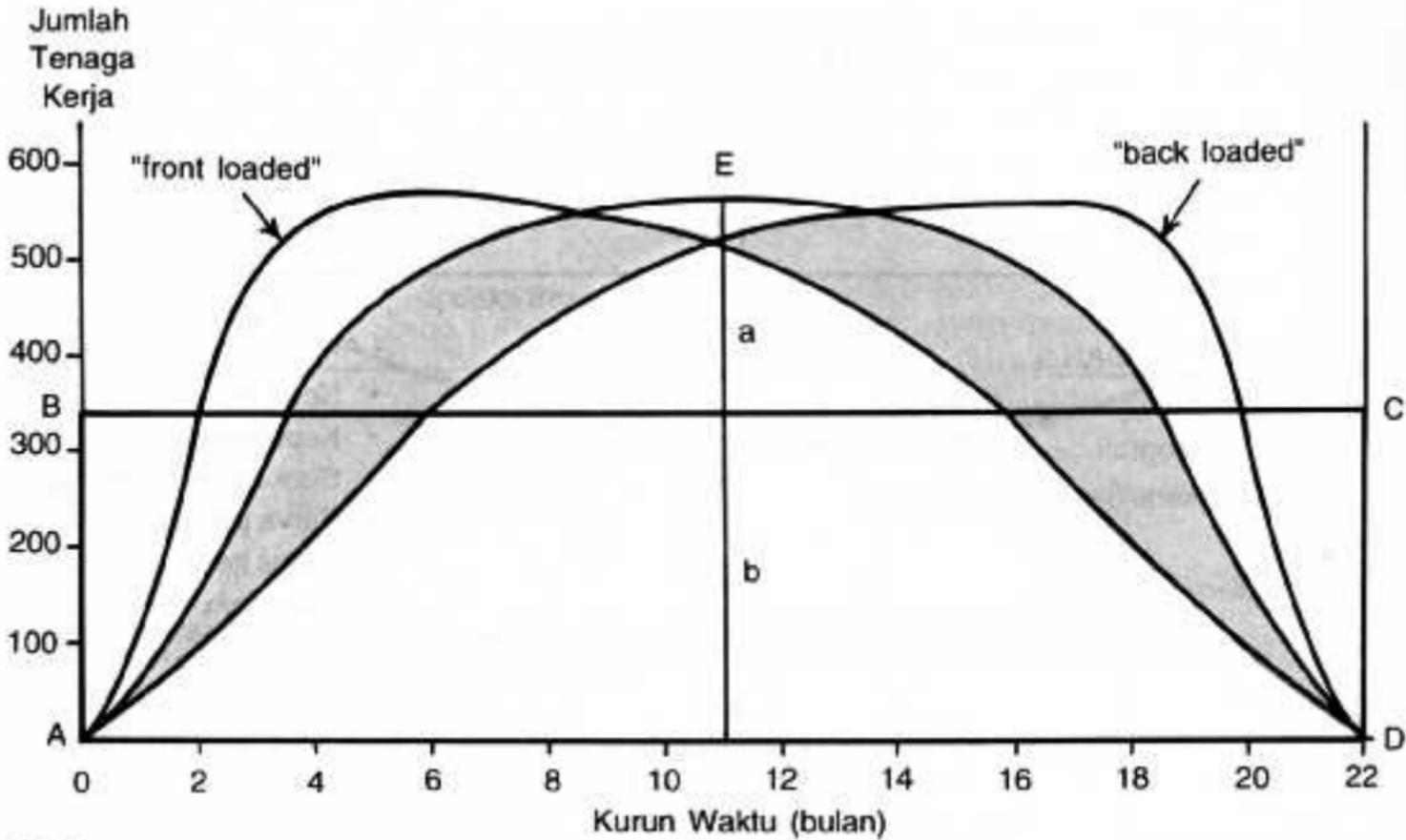
Tahap  
Konseptual

Tahap PP/Definisi

Tahap Implementasi Fisik

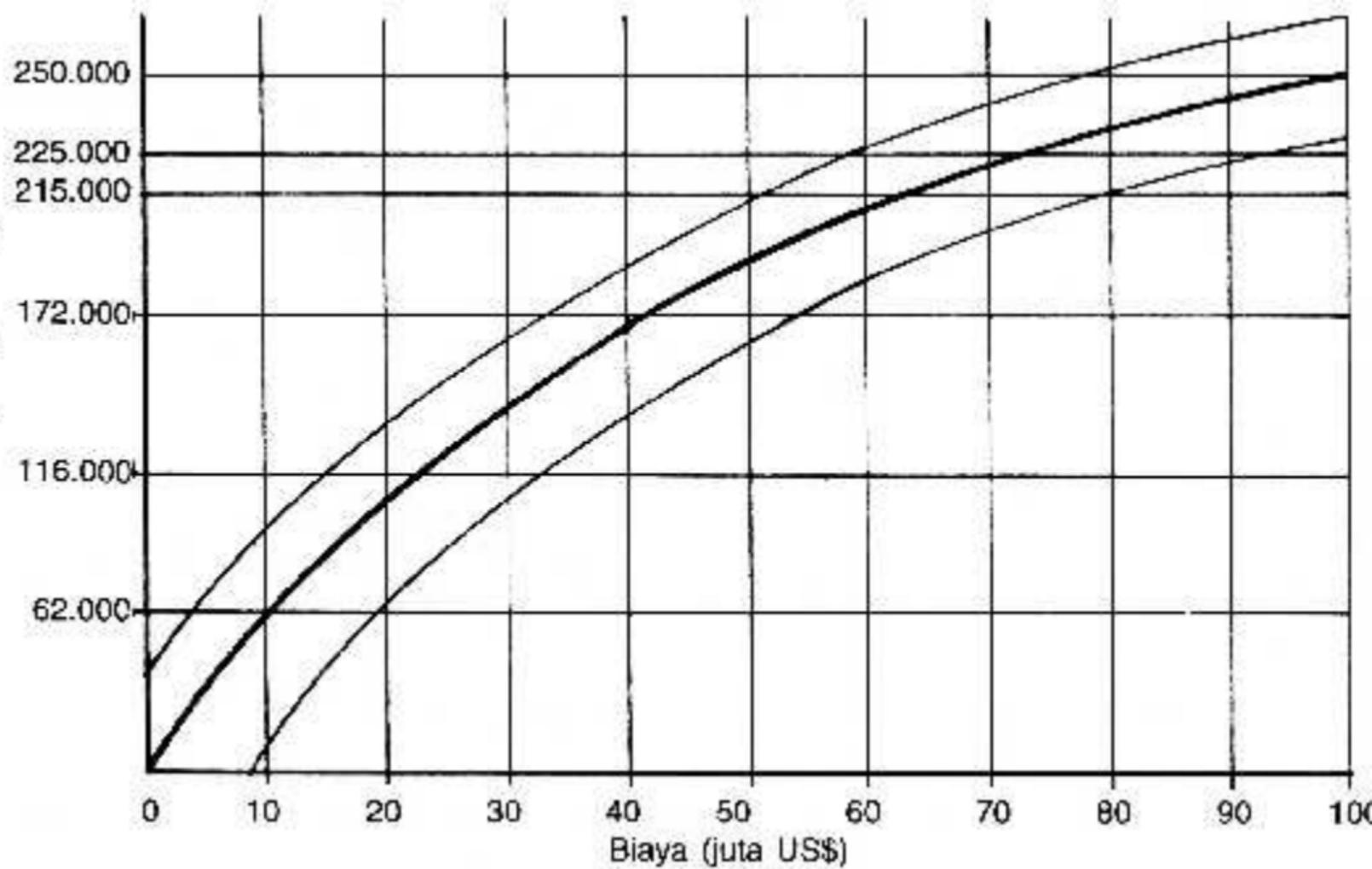
- A-B Desain-engineering konseptual
- C-D Desain-engineering pendahuluan
- E-F Desain-engineering terinci

- — — — — potensi hasil pengendalian biaya
- - - - - biaya pengendalian

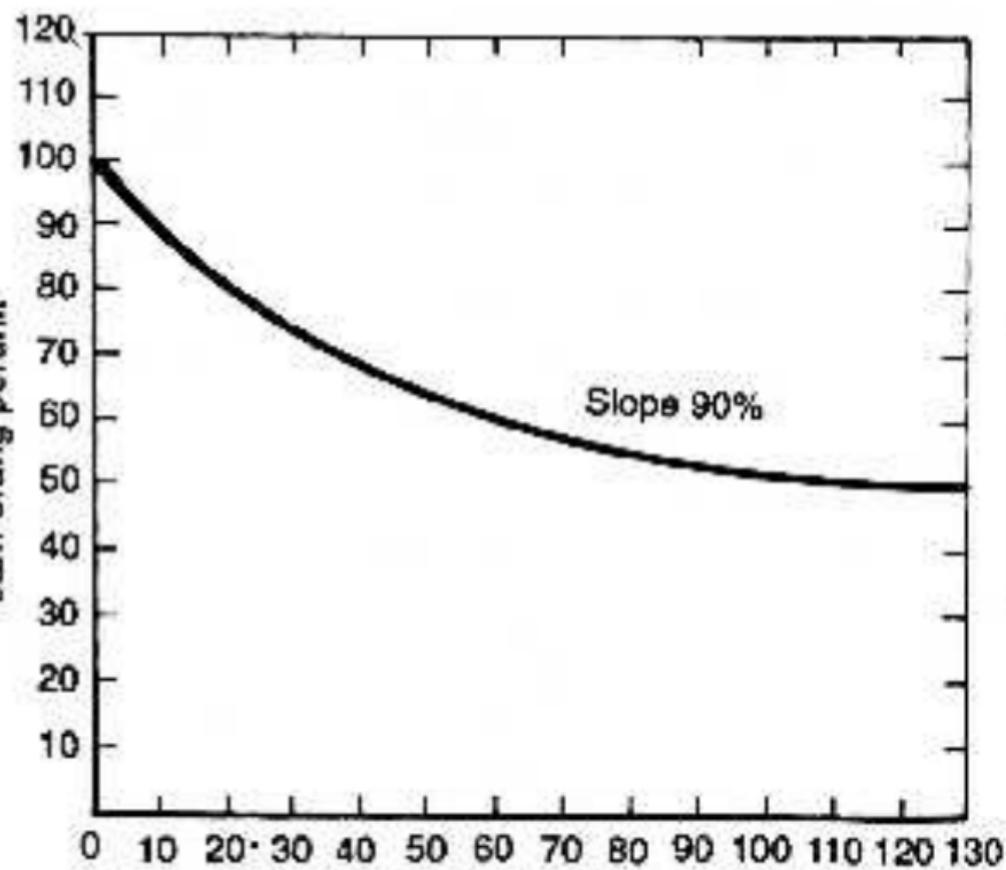


Catatan:  
 Luas ABCD = Luas AED  
 Tinggi (a + b) = 1,5 atau 1,7 kali tinggi (b).

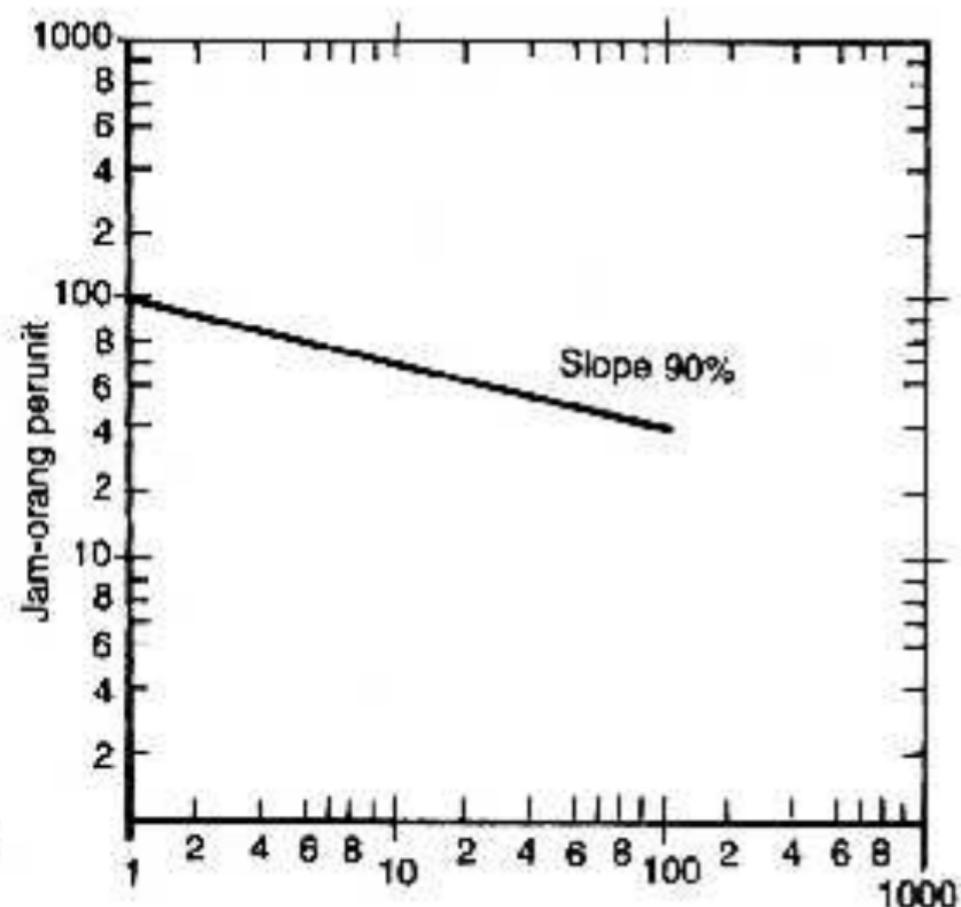
Jam-Orang Engineering



Jam-orang perunit

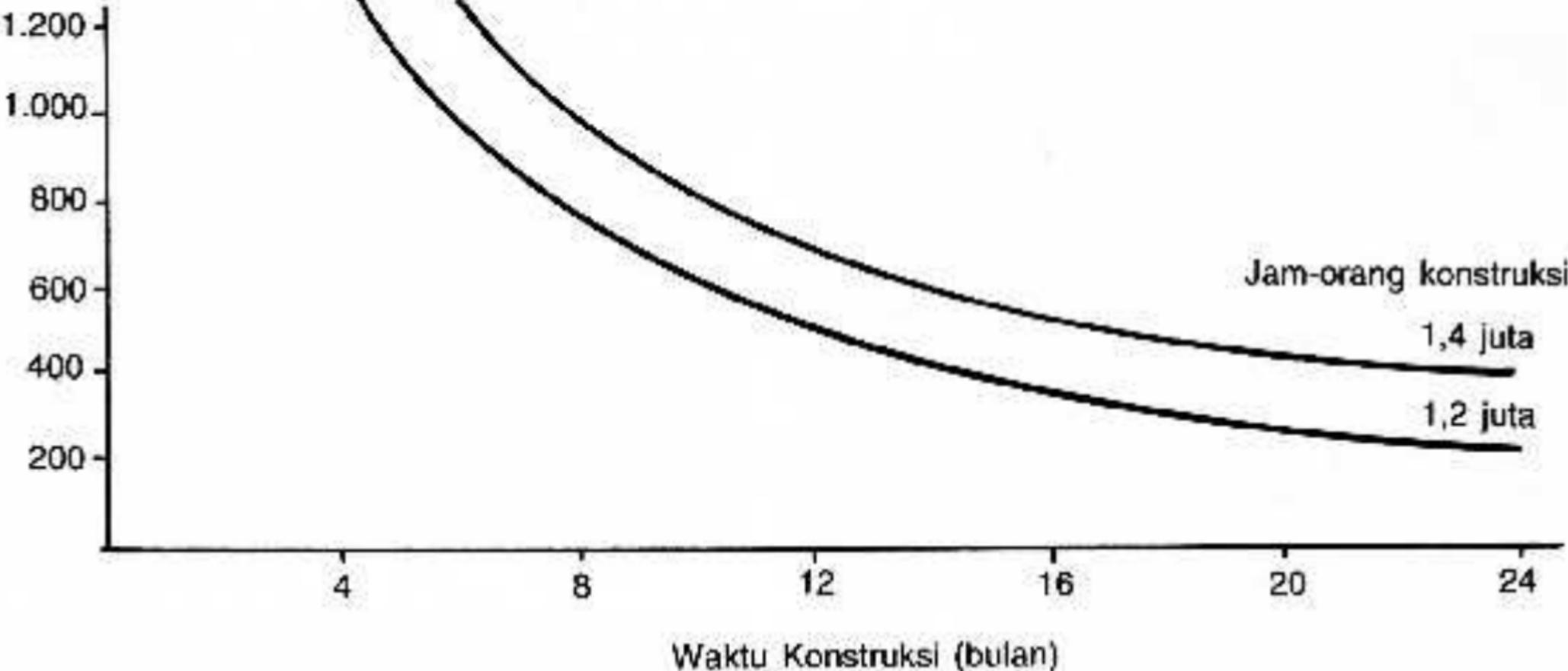


Unit kumulatif



Unit kumulatif

Jumlah Puncak  
Tenaga Kerja



Aspek dan Obyek  
Perencanaan

Aspek dan Obyek  
Pengendalian

Teknik dan Metode  
Pengendalian

- Analisis Varians
- Nilai Hasil (*Earned Value*)
- C/S - CSC
- Rekeyasa Nilai

Engineering	
Jadwal	Anggaran
Kemajuan yang dicapai <ul style="list-style-type: none"><li>- gambar</li><li>- spesifikasi</li><li>- paket MR</li></ul>	Pengeluaran: <ul style="list-style-type: none"><li>- biaya per subbidang</li><li>- jam-orang</li></ul>

Pengadaan	
Jadwal	Anggaran
Kemajuan yang dicapai <ul style="list-style-type: none"><li>- ikatan</li><li>- penyerahan MR &amp; PO</li></ul>	Pengeluaran: <ul style="list-style-type: none"><li>- biaya peralatan</li></ul>

Konstruksi	
Jadwal	Anggaran
Kemajuan yang dicapai <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Milestone</i></li></ul>	Pengeluaran: <ul style="list-style-type: none"><li>- jam-orang</li><li>- biaya per subbidang</li></ul>

- "Trend"
- Prakiraan