# BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Struktur Bawah Jembatan (Pondasi)

Pondasi merupakan bagian struktur bawah jembatan yang sangat penting karena memiliki fungsi utama menerima dan meneruskan beban dari semua bagian jembatan yang ada diatasnya ke tanah. Pondasi harus cukup kuat atau kokoh untuk menerima beban yang berada diatasnya dan meneruskan pada tanah keras dibawahnya.

Pemilihan tipe pondasi harus diperhitungkan sebaik mungkin dengan melihat data-data *bor log* dan nilai SPT untuk mengetahui keaadaan tanah dasar. Pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan tidak hanya dilihat dari faktor teknis dan sistematis saja namun harus memperhitungkan juga dari segi nilai ekonomis biaya pembuatan dan perawatannya tanpa mengurangi kekuatan pondasi secara keseluruhan. Salah satu pondasi yang cukup sering digunakan pada konstruksi jembatan yaitu pondasi tiang pancang.

### 2.1.1. Pondasi Tiang Pancang (*pile foundation*)

Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang cukup sering digunakan pada pembangunan dengan karakteristik tanah yang daya dukungnya tidak cukup kuat untuk menahan beban yang bekerja maupun berat bangunan itu sendiri. Pondasi tiang pancang mempunyai bentuk seperti batang yang memiliki fungsi menahan dan menerima beban-beban yang bekerja pada stuktur atas (*superstructure*) kemudian diteruskan ke tanah keras yang terletak sangat dalam.

Pemasangan pondasi tiang pancang dibentuk menjadi satu kesatuan dengan menyatukan pangkal tiang pancang satu dan yang lain dengan metode pengelasan. Tiang pancang pada umumnya dipasang tegak lurus dengan tanah,

namun ada juga yang dipasang secara miring (*battle pile*) untuk lebih menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja.

### 2.1.2. Jenis - Jenis Pondasi Tiang Pancang

Menurut material yang digunakan sebagai pembuatan tiang pancang dapat dibedakan menjadi empat macam yaitu tiang pancang baja (*steel pile*), tiang pancang beton (*concrete pile*), tiang pancang kayu (*timber pile*), dan tiang pancang komposit.

Adapun jenis pondasi tiang pancang secara umum dapat dibagi (Suhardjito, 1988) sebagai berikut:

1. Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*), adalah tiang pancang yang memiliki lubang pada tengahnya dan ujung tertutup berbentuk seperti pensil yang dipancang ke dalam tanah sehingga menyebabkan perpindahan atau pergeseran tanah dengan volume yang relatif besar. Pondasi tiang pancang yang termasuk dalam jenis ini adalah tiang beton prategang (pejal), tiang kayu, dan tiang baja bulat (ujung tertutup)

Gambar 2. 1 Tiang Pancang Baja Bulat (ujung tertutup)
*Sumber: threewaysteel.com*

2. Tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*) adalah jenis yang sama seperti tiang perpindahan besar hanya bedanya perpindahan volume tanah yang terjadi relatif kecil. Tiang beton prategang (ujung terbuka), tiang beton

bertulang (ujung terbuka), tiang baja profil H, dan tiang ulir adalah yang termasuk dalam jenis ini.

Gambar 2. 2 Tiang Baja Profil H
*Sumber: cdn-cms.pgimgs.com*

3. Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*) yaitu jenis tiang pancang yang dalam pemasangannya harus mengeluarkan tanah terlebih dulu dengan cara menggali atau mengebor sehingga volume tanah tidak berpindah. Contoh dari jenis ini adalah tiang bor.

Gambar 2. 3 Tiang Bor
*Sumber: adijasakaryamandiri.com*

4. Tiang komposit (*composite pile*) merupakan jenis tiang pancang yang terbentuk dari kombinasi dari ketiga jenis yang telah disebutkan diatas.

Gambar 2. 4 Tiang Komposit (*Composite Pile)*
*Sumber: Ko Jun-Young, et al, 2009*

### 2.1.3. Analisis Daya Dukung Pondasi Metode Dinamis (Data Kalendering)

Pekerjaan kalendering merupakan salah satu tahapan dari pekerjaan pemasangan tiang pancang yang bertujuan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah secara empiris yang dihasilkan oleh pemukulan tiang pancang terakhir oleh alat pancang. Alat pancang dapat berupa *hydraulic hammer* maupun *diesel hammer*. Pada proses pemasangan tiang pancang, kalendering merupakan item pekerjaan yang wajib dilaksanakan dan dapat dijadikan laporan untuk proyek.

Hasil data dari pekerjaan kalendering dapat digunakan untuk menentukan nilai daya dukung ultimit tiang secara dinamis. Daya dukung ultimit tiang dapat diperoleh dengan didasarkan pada rumus perhitungan tiang pancang dinamis. Perhitungan tiang pancang secara dinamis tidak memerhatikan beberapa faktor, yaitu perubahan tanah yang terletak di bawah kelompok tiang dalam menahan beban struktur, penurunan tanah akibat pemancangan, dan hanya digunakan untuk tiang tunggal.

Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan analisis daya dukung pondasi tunggal berdasarkan data kalendering yakni menurut *Hilley* (1977). Penentuan nilai daya dukung pondasi berdasar data kalendering pada metode ini digunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$R = \frac{2\,W\,H}{S+K} \times \frac{W+N^2P}{P} \quad \text{..... (1)}$$

Keterangan:

R = Daya dukung tiang pancang (ton)

W = Berat Ram (palu) (ton)

H = Tinggi jatuh Ram (meter)

P = Berat tiang pancang (ton)

S = Penetrasi per pukulan (meter)

K = Rata-rata rebound (meter)

N = Koefisien restitusi, tertera pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Restitusi (N)

| Material | N |
|---|---|
| Tiang pancang kayu | 0,25 |
| Bantalan kayu diatas tiang pancang baja | 0,32 |
| Bantalan kayu pada tiang pancang baja | 0,4 |
| Tiang pancang baja tanpa bantalan kayu / tiang beton dengan bantalan | 0,5 |
| Palu besi cor diatas tiang pancang beton tanpa topi | 0,4 |

*Sumber:Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.31/SE/M/2015*

## 2.2. Struktur Atas Jembatan (*girder*)

Struktur atas (*super* structure) merupakan bagian dari konstruksi jembatan yang berada di atas muka tanah salah satunya adalah *girder*. *Girder* atau yang biasa disebut gelagar jembatan biasanya terbuat dari beton atau baja. *Girder* merupakan suatu bagian struktur yang terbentang searah jembatan atau tegak lurus dengan aliran sungai dan terletak diantara dua penyangga (*abutment* atau *pier*). *Girder* berfungsi untuk menahan langsung beban dari plat lantai jembatan.

### 2.2.1. Jenis - Jenis Balok *Girder*

*Girder* mempunyai bentuk yang beragam berdasarkan tipenya dan masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. Adapun berikut macam-macam bentuk *girder*:

1. *Girder* Tipe I

*Girder* Tipe I (*I-girder*) adalah bentuk *girder* yang paling sering digunakan dalam konstruksi jembatan. *Girder* ini memilki desain yang ramping berbentuk seperti huruf I dengan bagian tengahnya lebih langsing dari bagian tepi atas maupun bawah. Kelebihan dari *I-girder* adalah pemasangannya muda, harga yang lebih murah dari tipe lainnya dan memiliki daya tahan yang lama. Sedangkan kelemahan *girder* tipe ini adalah lemah terhadap gaya torsi karena memiliki penampang yang kecil.

Gambar 2. 5 *Girder* Tipe I

2. *Girder* Tipe T

Balok tipe T (*T-girder*) adalah *girder* yang berbentuk seperti huruf T dan hanya memilki satu *flens* di bagian atas. *Flens* ini dapat digunakan sebagai plat lantai tanpa harus memasang *sheer connector* terlebih dulu seperti *I-girder*. *T-girder* cocok digunakan untuk jembatan pesepeda ataupun pejalan kaki karena *T-girder* mempunyai bentang panjang namun tidak terlalu lebar.

Gambar 2. 6 *Girder* Tipe T
Sumber: web.waskitaprecast.co.id

3. *Box Girder*

*Box girder* berbentuk *box* kotak atau trapesium yang memiliki sayap di bagian atas. *Girder* ini merupakan tipe *girder* yang paling cocok digunakan sebagai konstruksi jembatan karena memiliki panjang bentang yang tidak terbatas sesuai perencanaan spesifikasi produknya. *Box girder* sangat cocok untuk pembangunan jembatan melengkung karena dapat menahan kekuatan rotasi atau gaya torsi dengan sangat baik. Proses produksinya tentu lebih rumit daripada *I-girder*.

Gambar 2. 7 *Box girder* trapesium
*Sumber: web.waskitaprecast.co.id*

4. *Girder* Tipe U

Seperti namanya *girder* ini memiliki bentuk seperti huruf U. Dengan karakteristik *girder* yang tipis dan langsing, penggunaan *girder* ini sangat ideal untuk pembangunan di atas lahan yang sempit. Susunan tendon *U-girder* berpasang-pasangan yang mengharuskan penarikan seling (*strand*) menggunakan dua dongkrak sekaligus. *Girder* tipe ini sangat jarang ditemukan pada konstruksi jembatan di Indonesia karena tidak semua produsen *girder* memiliki cetakan bentuk U.

Gambar 2. 8 *Girder* Tipe U
*Sumber: web.waskitaprecast.co.id*

5. *Voided Slab*

*Voided slab* biasanya digunakan untuk konstruksi jembatan bentang pendek antara 10 m – 15 m. *Girder* ini berbentuk persegi panjang yang memiliki rongga di dalamnya. *Voided slab* merupakan *girder post-tensioning* dimana pemberian gaya prategang (*stressing*) diberikan setelah beton mengeras. *Girder* ini bisa tidak memerlukan *diafragma* dan plat lantai, sehingga waktu yang dibutuhkan dalam konstruksi jembatan lebih cepat dan efisien.

Gambar 2. 9 *Voided Slab*

### 2.2.2. Pekerjaan *Erection Girder*

*Erection girder* adalah pekerjaan pemasangan *girder* ke titik tumpunya. Tumpuan yang biasanya digunakan pada konstruksi pembangunan jembatan yaitu *rubber bearing pad.* Pekerjaan ini memiliki resiko tinggi mengalami kegagalan. Oleh karena itu, penentuan metode *erection girder* harus dipertimbangkan secara

matang berdasarkan kondisi lapangan, efisiensi biaya, dan waktu pekerjaan. Pada umumnya ada beberapa metode yang umum digunakan dan memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pada proyek Penambahan Ruas Jalan Tol Surabaya – Gempol Ruas Sidoarjo – Porong (Jalur A) digunakan metode *erection girder*, yaitu *erection girder* menggunakan *crawler crane.*

Metode *erection girder* menggunakan *crawler crane* banyak dipakai dalam pekerjaan konstruksi jembatan bentang pendek-menengah karena dalam prosesnya termasuk metode yang sederhana. Metode ini dibantu dengan alat berat *crawler crane* yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan *girder* secara vertikal dan horizontal. Pada prosesnya posisi *crawler crane* harus rata dengan tanah agar kekuatan *crawler crane* lebih maksimal. Untuk menghindari terjadinya gaya torsi yang dapat mengakibatkan *girder* berotasi, maka digunakan dua *crane* dengan perbandingan berat *girder* dengan kapasitas *crane* 1:2 untuk menghindari *crane* tidak kuat untuk mengangkat *girder*.

Gambar 2. 10 *Erection Girder* Pada Proyek Penambahan Ruas Jalan Tol Surabaya – Gempol Ruas Sidoarjo – Porong (Jalur A)

### 2.2.3. Resiko *Erection Girder* Metode *Crawler Crane*

*Erection girder* dengan metode *crawler crane* memiliki beberapa resiko pada saat pelaksanaannya, seperti:

1. *Operator crane* kurang kompak satu sama lain
2. Tali sling pengikat girder putus
3. Kapasitas *crane* tidak kuat untuk mengangkat *girder*

4. Tanah landasan *crane* ambles

### 2.2.4. Kelebihan dan Kekurangan *Erection Girder* Metode *Crawler Crane*

Adapun kelebihan dan kekurangan *erection girder* metode *crawler crane* seperti yang tersaji pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan Erection Girder Metode Crawler Crane

| No | Kelebihan | Kekurangan |
|---|---|---|
| 1. | Mobilisasi alat berat dan *girder* mudah | Membutuhkan banyak tenaga kerja |
| 2. | Pelaksanaannya cepat | Ketepatan penempatan *girder* tergantung pada operator dan tenaga kerja |
| 3 | Biaya yang dikeluarkan lebih murah dibandingkan metode lainnya | Pada saat penempatan *girder* dapat terganggu dengan faktor cuaca seperti hujan dan angin |

## 2.3. Perkerasan Jalan

### 2.3.1. Definisi

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalan raya yang berada di antara lapisan tanah dasar dan kendaraan. Bagian ini diperkeras dengan agregat dan diikat oleh aspal atau semen (*Portland Cement*) yang mempunyai ketebalan, kekuatan, kekakuan, dan kestabilan tertentu agar dapat mendistribusikan beban lalu lintas yang diterima ke tanah dasar secara baik. Perkerasan mestinya rata tetapi masih memiliki kekesatan sehingga menahan gelincir, oleh karena itu perkerasan harus memiliki kekuatan untuk menahan seluruh beban lalu lintas diatasnya. Pengetahuan tentang sifat, pengadaan, dan pengolahan bahan perkerasan diperlukan untuk mendapatkan perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang ditentukan (Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, 2003).

Bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan terdapat tiga macam (Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992) yaitu:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavements*), adalah perkerasan yang terdapat unsur aspal sebagai bahan pengikat.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavements*), adalah perkerasan yang diletakan di atas tanah dasar memakai atau tanpa lapis pondasi bawah dan menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat pelat beton dengan atau tanpa tulangan.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavements*), yaitu perkerasan kaku yang digabung dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan kaku diatas perkerasan lentur atau pun sebaliknya.

### 2.3.2. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur dalam pelaksanaannya terbentuk dari campuran yang dihamparkan lalu dipadatkan. Campuran ini berisi pasir, agregat batu pecah, material pengisi (*filler*) dan aspal. Perkerasan lentur dirancang untuk *fleksibel* karena pada saat menerima beban perkerasan lentur akan melendut dan harus kembali lagi ke posisi semula bersama dengan tanah-dasar. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan material. Fungsi utama dari lapisan ini untuk menahan beban yang diterima dari kendaraan yang berada diatasnya. Karena sifat distribusi beban, beban yang akan diterima oleh setiap lapisan akan semakin kecil. Adapun lapisan lapisan tersebut sebagai berikut:

1. Lapisan Permukaan (*surface course*)

   Lapisan ini bagian perkerasan yang terletak paling atas. Terdapat 2 lapisan yang ada di lapisan permukaan, yaitu :

   a. Lapis Aus (*Wearing Course*)

      Lapis aus (*wearing course*) terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah:

      1) Menjaga perkerasan dari pengaruh air.

2) Memberikan permukaan yang halus.
3) Memberikan permukaan yang kesat.

b. Lapis Antara (*Binder Course*)

*Binder course* biasa disebut sebagai lapis antara karena terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis aus (*wearing course*). Lapis antara berfungsi sebagai berikut :

1) Mengurangi tegangan.
2) Menahan beban paling besar akibat kendaraan yang lewat sehingga harus mempunyai kekuatan untuk menahan beban yang cukup.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas mempunyai letak antara lapis pondasi bawah dan lapisan permukaan. Berfungsi sebagai berikut:

a. Sebagai lapis pendukung untuk lapis permukaan.
b. Bagian perkerasan yang berfungsi menahan gaya dari beban kendaraan dan mendistribusikan ke lapisan bawahnya.
c. Menjadi lapisan penyerap untuk pondasi bawah.
d. Memberikan bantalan terhadap lapisan permukaan (pemikul beban horizontal dan vertikal).

3. Lapisan pondasi bawah (*subbase*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang memiliki letak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Memiliki fungsi sebagai berikut:

a. Bagian dari perkerasan yang mendistribusikan beban kendaraan yang lewat menuju tanah dasar.
b. Mengurangi ketebalan lapisan atasnya, yang lebih mahal.
c. Effisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah memiliki harga yang relatif murah dibandingkan dengan lapisan yang berada di atas.

d. Mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar ke lapis atas.

e. Sebagai lapisan penyerap sehingga tidak ada air tanah yang mengumpul di pondasi ataupun di tanah dasar

f. Menjadi lapisan pertama yang digelar agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar.

4. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, yang dipadatkan dan sebagai dasar perletakan lapisan-lapisan perkerasan lainnya. Kadar air yang optimum dan konstan selama umur rencana untuk mendapatkan hasil pemadatan yang sesuai. Beban kendaraan didistribusikan ke lapisan perkerasan melalui roda-roda kendaraan yang selanjutnya akan disebarkan menuju lapisan-lapisan dibawahnya dan yang terakhir menerima beban adalah tanah dasar. Sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini dapat mempengaruhi kekuatan,keawetan, dan ketebalan dari lapisan konstruksi perkerasan jalan

### 2.3.3. Konstruksi Pekerasan Kaku (*Rigid pavements)*

Perkerasan kaku merupakan perkerasan jalan beton semen yang terdiri atas plat beton semen yang berguna sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) diatas tanah dasar. Plat beton pada perkerasan kaku sering disebut sebagai lapis pondasi karena masih memungkinkan adanya lapisan aspal beton diatasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan. Adapun jenis perkerasan kaku sebagai berikut:

1. Perkerasan beton semen

Perkerasan beton semen merupakan perkerasan yang memiliki lapisan dasar beton dari portland cement. Ada lima jenis perkerasan kaku (NAASRA, 1987), yaitu:

a. Pekerasan beton sambung tanpa tulangan

b. Perkerasan beton menyambung dengan tulangan

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

d. Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja

e. Perkerasan beton semen pratekan

2. Perkerasan kaku dengan permukaan aspal

Jenis pekerasan kaku dengan permukaan aspal dari jenis komposit. Ketebalan rencana perkerasan dihitung dengan:

a. Menentukan ketebalan dari jenis perkerasan beton semen yang tidak lazim.

b. Mengurangi ketebalan beton 10 mm untuk setiap 25 mm permukaan aspal yang digunakan.

## 2.4. Aplikasi Keselamatan Kerja

### 2.4.1. Pemasangan Tiang Pancang

Dalam pelaksanaan pemasangan pondasi tiang pancang harus tetap memerhatikan keselamatan kerja yang pada umumnya berdasarkan UU nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia (PER.05/MEN/1996). Penerapan keselamatan kerja bertujuan agar terhindar dari kecelakaan kerja. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja (Holt, 2001) sebagai berikut:

a) *Unsafe act*

Tindakan seseorang yang tidak menghiraukan faktor keselamatannya hingga dapat mencelakai dirinya sendiri, orang lain, bahkan lingkungan dan peralatan sekitarnya, seperti:

1. Peralatan ditinggalkan dalam keadaan berbahaya.
2. Alat pelindung keselamatan kerja tidak digunakan.
3. Peralatan yang sudah usang tetap dipakai.

4. Kesalahan dalam penggunaan peralatan
5. Hanya mementingkan keselamatannya sendiri.

b) *Unsafe condition*

Semua kondisi dimana dapat menyebabkan kecelakaan pada pekerja, peralatan bahkan lingkungan sekitar.

1. Lokasi pekerjaan tidak diberi pagar pembatas
2. Kondisi lapangan yang berbahaya
3. Operator tidak memenuhi syarat kualifikasi

### 2.4.2. *Erection girder*

1. Faktor Manusia

Salah satu faktor yang harus dikendalikan dalam pelaksanaan *erection girder* adalah manusia atau tenaga kerja. Adapun yang termasuk dalam faktor manusia menurut Permenakertrans RI No.PER.09/MEN/VII/2010 sebagai berikut:

A. Operator

Operator adalah tenaga kerja yang mengoperasikan alat angkut yaitu *crane.* Operator yang dibutuhkan pada proyek ini cukup kategori kelas III dimana menurut Permenaker RI No.PER.09/MEN/VII/2010, operator kelas III dapat mengangkat beban dengan kapasitas < 25 ton. Operator harus memenuhi persyaratan seperti:

1) Minimal berpendidikan SMP/sederajat
2) Sekurang-kurangnya berumur 19 tahun
3) Memiliki pengalaman minimal 1 (satu) tahun aktif membantu pada bidangnya
4) Operator harus memiliki lisensi K3 serta buku kerja

5) Berbadan sehat jasmani dan rohani menurut keterangan dokter.

B. Teknisi

Teknisi memiliki tugas dan kewajiban, seperti pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala pada kondisi *crane* yang akan digunakan. Teknisi juga membantu operator untuk memasang dan mengatur *boom* pada *crane*. Menurut Permenaker RI No.PER.09/MEN/VII/2010 teknisi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut

1) Minimal berpendidikan SMA/sederajat
2) Sekurang-kurangnya berumur 21 tahun
3) Memiliki pengalaman minimal 3 (tiga) tahun aktif membantu pada bidangnya
4) Operator harus memiliki lisensi K3 serta buku kerja
5) Berbadan sehat jasmani dan rohani menurut keterangan dokter.

C. *Rigger* (juru ikat)

*Rigger* merupakan tenaga yang sangat penting pada pelaksanaan pemasangan *girder*. *Rigger* memiliki keterampilan dalam mengikat *girder* dan membantu pengoperasian alat angkut seperti memberi aba-aba. Menurut Permenaker RI No.PER.09/MEN/VII/2010 teknisi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut

1) Minimal berpendidikan SMP/sederajat
2) Sekurang-kurangnya berumur 29 tahun
3) Memiliki pengalaman minimal 1 (satu) tahun aktif membantu pada bidangnya

4) Operator harus memiliki lisensi K3 serta buku kerja
5) Berbadan sehat jasmani dan rohani menurut keterangan dokter.

2. Faktor Mesin dan Peralatan

A. *Crawler crane*

*Crane* wajib dilakukan pemeriksaan oleh teknisi sebelum pemakaian. Pemeriksaan *crane* bias dilakukan secara visual maupun pengujian. Hal yang harus diperiksa oleh teknisi seperti kualitas *boom,* mesin, oli sebagai pelumas dll. *Crane* juga harus memiliki sertifikat layak pakai yang didapatkan melalui pengujian sebelumnya. Menurut Permenaker RI No.05/MEN/1985 *crane* juga harus mempunyai peralatan pendukung yang berguna untuk memnunjang keselamatan saat pelaksanaannya (*safety device*) seperti:

1) *Seat belt* memiliki fungsi sebagai penahan operator agar tidak terbentur apabila terjadi kecelakaan.
2) *Boom limit switch* berfungsi sebagai pencegah agar derajat angkat tidak melebihi batas.
3) *Anti two blocking* memiliki fungsi sebagai pemberi peringatan pada operator jika *hook* melebihi batas atas sehingga akan menyundul *sheave* pada *boom*
4) Lampu indicator berfungsi sebagai pemberi tanda jika terjadi kelebihan muatan dalam pengangkatan (*over load*) dengan memberi tanda melalui warna lampu. Jika lampu yang ditunjukkan berwarna merah maka pengangkatan harus segera dihentikan.

5) Lampu rotari dan alarm berfungsi untuk meanandakan jika kegiatan pengangkatan beban sedang berlangsung.

B. *Lifting gear* (alat bantu angkat)

Alat bantu angkat yang digunakan adalah tali baja sebagai tali pengangkat. Pemeriksaan tali baja dilakukan secara visual dengan melihat perubahan bentuk atau ada serat dari tali baja yang keluar.

### 2.4.3. Pekerjaan Pelabaran Jalan

Berjalannya proyek pekerjaan jalan dipengaruhi oleh lalu lintas yang melewati atau berada dalam daerah proyek pekerjaan jalan, maka kontraktor harus melakukan pengendalian lalu lintas dengan pemasangan atau pemeliharaan rambu – rambu lalu lintas seperti, lampu , suar, rintangan, dan rintangan (barrier) di sekitar pekerjaan jalan seperti yang diatur dalam "Petunjuk Teknis Pemeliharaan Jalan Tol dan Jalan Penghubung (PTP)" sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Nomor 02/PRT/M/2007 yang juga mengatur sebagai berikut :

1. Material

Material yang digunakan dalam pengendalian lalu lintas harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dibawah ini.

A. Material *retro-reflective*

Kecuali jika tercantum pada kontrak, panel rambu, barikade, kerucut, panel vertikal, dan tongkat *flagman* harus memiliki pertemuman pelapis *retro-reflective* sesuai persyaratan minimum.

B. *Sign panels* (panel rambu)

Panel rambu harus sesuai dengan spesifikasi umum dan harus berwarna oranye dengan tanda hitam kecuali yang ditentukan dalam kontrak

C. *Sign posts* (patok pengarah)

Patok pengarah akan terbuat dari kayu lembu, logam, atau material lain.

D. *Barricades*

Barikade harus terbuat dari kayu, logam, plastic, atau beton.

Gambar 2. 11 Barikade

E. *Cones* (kerucut)

Kerucut harus minimal 75 cm dengan dasar yang diperluas dan harus mampu menahan dampak yang disebabkan oleh pekerjaan yang tidak dapat merusak kerucut atau pun kendaraan yang melewati nya. Kerucut harus memiliki warana yang terlihat baik pada saat siang hari maupun malam hari seperti warna oranye atau warna putih.

Gambar 2. 12 *Cone*

F. *Temporary fence* (pagar sementara)

Pagar sementara harus dibuat dalam panel dengan kerangka baja yang telah di cat. Panel logam galvanis dan penutup spanduk yang menunjukan adanya lokasi proyek.

Gambar 2. 13 Pagar sementara

G. Panel vertikal

Panel vertikal harus terbuat dari kayu, logam, ataupun plastik yang berguna sebagi pagar sementara.

H. Lampu peringatan

Lampu peringatan harus sesuai dengan persyataran minimum yang telah tercantum.

I. *Flagman* dan *pilot car operators*

Flag atau yang juga dikenal petugas pembawa bendera dan pengatur mobil harus secara fisik berkualitas serta telah terlatih dalam tugasnya. Setiap flagman harus diidentifikasi dengan tepat serta pakaian termasuk rompi *retro-relflektif* warna oranye dan topi harus juga dilengkapi dengan tanda stop atau lambat yang menggunakan *retro-relflektif*.