

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pantan Cuaca merupakan sebuah Kecamatan di Kabupaten Gayo Lues, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, Indonesia. Kecamatan Pantan Cuaca mempunyai potensi ketersediaan air yang cukup melimpah baik sebagai mata air, air sungai, maupun air tanah. Sungai Pantan Cuaca merupakan salah satu anak sungai tripa di lokasi Kecamatan Rikit Gaib. Bagian hulu dari sungai Pantan Cuaca berada dalam kawasan hutan dan berada dalam Kabupaten Gayo Lues dan Kabupaten Aceh Tengah. Sungai Pantan Cuaca memiliki lebar  $\pm 10-30$  m dan debit air berkisar antara  $1 - 5 \text{ m}^3/\text{det}$ . Dengan potensi yang dimilikinya menjadikan daerah Pantan Cuaca sebagai lokasi yang tepat dan memenuhi syarat untuk dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) guna menambah ketersediaan energi listrik yang sudah ada.

Secara teknis PLTM termasuk kedalam PLTA dengan kapasitas pembangkitan berkisar antara  $100 - 5000$  KW. Pada umumnya Pembangkit Tenaga Listrik Mini Hidro (PLTM) mempunyai beberapa komponen utama yang sama dengan PLTA antara lain Bendungan (*Dam*), Intake, Pipa Pesat (*Penstock*), Rumah Pembangkit (*Power House*), Turbin, Generator dan Jalur Transmisi.

*Power House* (PH) merupakan salah satu bangunan yang berfungsi sebagai rumah produksi yang menghasilkan energi listrik. Di dalam power house terdapat alat-alat atau mesin-mesin untuk menghasilkan tenaga listrik. Salah satu mesin utama dalam *power house* (PH) adalah turbin dan generator, dimana air yang mempunyai energi potensial akibat dari beda ketinggian (*head*) masuk melalui *water way* akan mengalir ke *power house* dan memutar turbin yang dapat menghasilkan daya energi listrik melalui generator. Secara umum *power house* adalah proses akhir dari sistem kerja pembangkit listrik tenaga air.

Dalam proses pembangunan PLTM, pengerjaan *power house* (PH) pada umumnya sangat didahulukan setelah bendungan, hal ini disebabkan oleh tingkat kesulitan dari pembangunan sebuah *power house*. *Power House* dapat diklasifikasikan ke dalam 3 tipe yaitu tipe diatas tanah, tipe semi-dibawah tanah, dan

tipe dibawah tanah. Sebagian besar pembangkit listrik tenaga mini hidro yang ada di Indonesia merupakan tipe diatas tanah. Besar kecilnya ruangan atau instalasi *power house* tergantung dari besarnya (volume) instalasi turbin dan generator yang akan dipasang dan berhubungan juga dengan kapasitas terpasang energi listrik yang akan dihasilkan. Proses pengerjaan konstruksi *power house* sangat detail dan penuh dengan konsentrasi tinggi, tidak boleh ada kesalahan yang fatal yang dapat menyebabkan kerugian dikemudian hari.

Pada umumnya struktur *power house* pada pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTM) yang ada di Indonesia menggunakan struktur baja berat, hal ini dikarenakan bentang ukuran *power house* yang lebar dan panjang serta ukuran ruangan terbuka yang cukup luas tanpa ada tiang-tiang penyangga di tengah ruangan sehingga memerlukan material struktur yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Penggunaan struktur baja pada *power house* merupakan material yang ideal untuk gudang dan bangunan pabrik lainnya. Selain ekonomis dan tahan lama juga sangat mudah dalam proses instalasinya.

Secara umum, terdapat kategori tipe struktur bangunan baja gudang / pabrik dibagi menjadi 2 tipe diantaranya tipe *portal frame* dan tipe *portal truss*. Untuk panjang bentang 20-40 meter biasanya akan menggunakan tipe *portal frame* sedangkan untuk Panjang bentang 40-70 meter akan menggunakan tipe *portal truss*. Pada struktur *power house* PLTM Pantan Cuaca digunakan tipe portal frame dengan lebar 12 meter dan panjang 24 meter.

PLTM pantan cuaca pada saat ini masih dalam proses persiapan desain dan pematangan lahan, proses konstruksinya sendiri akan dikerjakan apabila struktur bendung dan *penstock* sudah selesai. Desain PLTM pantan cuaca mengadopsi desain dari PLTM Buaya yang ada di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Tetapi pada desain PLTM Pantan Cuaca dilakukan penyesuaian kembali dengan ukuran diameter *penstock* dan tipe turbin yang digunakan serta lokasi PLTM tersebut berada.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi permasalahan-permasalahan yang ada dalam penulisan skripsi ini antara lain sebagai berikut :

1. Kondisi struktur eksisting *power house* yang didesain terhadap beban yang bekerja

2. Dimensi profil kolom baja (eksisting) yang digunakan pada *power house*
3. Dimensi profil *runway beam* (eksisting) yang digunakan dalam memikul beban *hoist crane* pada *power house*
4. Kondisi sambungan (*joint*) pada pertemuan kolom dengan *Column Bracket*
5. Standard dan peraturan yang digunakan dalam melakukan perhitungan analisa struktur pada *power house*
6. Metode yang digunakan dalam menganalisa struktur *power house*
7. Kondisi struktur atas *power house* (*Upper Structure*)
8. Kondisi pada bagian pondasi *power house* (*Down Structure*)
9. Kondisi tanah tempat berdirinya *power house*
10. Pengaruh antara analisis strktur *power house* yang dilakukan terhadap rencana anggaran biaya (RAB)

### **1.3 Batasan Masalah**

Pembahasan pada skripsi ini dibatasi oleh aspek-aspek berikut :

1. Analisa struktur dilakukan pada kondisi struktur eksisting *power house* yang didesain terhadap beban yang bekerja.
2. Analisa struktur dilakukan untuk mengecek kondisi profil kolom baja.
3. Analisa struktur dilakukan untuk mengecek kondisi profil runway beam dalam memikul beban *hoist crane*.
4. Analisis struktur dilakukan untuk mengecek kondisi sambungan yang dipakai pada pertemuan kolom dengan *column bracket*.
5. Standard yang digunakan dalam perencanaan dan perhitungan Analisa struktur pada *power house* menggunakan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan SNI 1729:2020.
6. Perhitungan analisa struktur yang dilakukan menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*).
7. Perhitungan analisa struktur yang dilakukan hanya pada bagian struktur atas saja (*upper structure*).

### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah kondisi struktur eksisting power house yang didesain aman terhadap beban yang bekerja ?
2. Berapa dimensi profil kolom baja yang aman untuk dipakai pada struktur *power house* ?
3. Berapa dimensi profil *runway beam* yang aman untuk dipakai dalam memikul beban *hoist crane* pada *power house* ?
4. Bagaimana kondisi sambungan yang dipakai pada pertemuan kolom dengan *column bracket*, apakah aman atau tidak ?
5. Standard dan peraturan apa yang digunakan dalam melakukan perhitungan analisa struktur pada *power house* ?
6. Metode apa yang digunakan dalam melakukan perhitungan analisa struktur *power house* PLTM Pantan Cuaca ?
7. Bagaimana kondisi struktur atas *power house* (*upper structure*) ?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa kondisi struktur eksisting *power house*.
2. Menganalisa dimensi profil kolom baja yang aman untuk digunakan pada *power house*.
3. Menganalisa dimensi profil *runway beam* yang aman untuk dipakai dalam memikul beban *hoist crane* pada *power house*.
4. Menganalisa kondisi sambungan yang dipakai pada pertemuan kolom dengan *column bracket*.
5. Menganalisa struktur *power house* berdasarkan standard dan peraturan yang digunakan dalam melakukan perhitungan analisa struktur pada *power house*.
6. Menganalisa struktur yang menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*).
7. Menganalisa kondisi struktur atas *power house* (*upper structure*).

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kondisi struktur eksisting *power house* setelah dilakukan analisa struktur.
2. Untuk mengetahui dimensi profil baja yang aman untuk digunakan pada kolom.

3. Untuk mengetahui dimensi profil *runway beam* yang aman digunakan dalam memikul beban *hoist crane*.
4. Untuk mengetahui kondisi sambungan antara kolom dan *column bracket* setelah dilakukan analisis struktur.
5. Untuk mengetahui standard dan peraturan yang digunakan dalam melakukan perhitungan analisa struktur pada *power house*.
6. Untuk mengetahui metode yang digunakan dalam melakukan perhitungan analisa struktur pada *power house*.
7. Untuk mengetahui kondisi struktur atas *power house (upper structure)*.

### 1.7 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian *power house* Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) ini terletak di Desa Kenyaran, Kecamatan Pantan Cuaca, Kabupaten Gayo Lues Provinsi Aceh dengan luas lahan berkisar  $\pm 300$  m<sup>2</sup>. *Power house* tersebut didesain menggunakan material baja pada struktur atasnya dan beton bertulang pada struktur bawahnya. Lebih jelasnya letak dan lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. 1 Lokasi PLTM Pantan Cuaca

(Sumber : Google Earth)

### 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini memuat tentang latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, lokasi penelitian dan sistematika penulisan.

## BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang informasi yang sangat erat kaitannya dengan permasalahan yang diteliti, antara lain tipe struktur atap bangunan *power house*, komponen struktur pada *power house*, kriteria desain, dan pembebanan pada struktur bangunan *power house*.

## BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan bagaimana penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, bagaimana memperoleh data-data penelitian dan alur penelitian serta langkah-langkah dari perancangan struktur *power house* pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTM) Pantan Cuaca.

## BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat data perhitungan analisa dari perancangan *power house* yang dibuat beserta hasil perhitungan dari analisa yang diperoleh. Hasil Analisa disajikan secara logis dan berurutan sejalan dengan metodologi yang dilakukan. Hasil perhitungan dapat disajikan dalam bentuk tabel, gambar, atau dalam narasi. Pada bagian ini juga menjelaskan proses data/hasil yang didapat sesuai dengan prosedur dan peraturan dalam perencanaan yang dipakai.

## BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari seluruh penelitian dan saran-saran/masukkan-masukkan yang berguna dimasa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

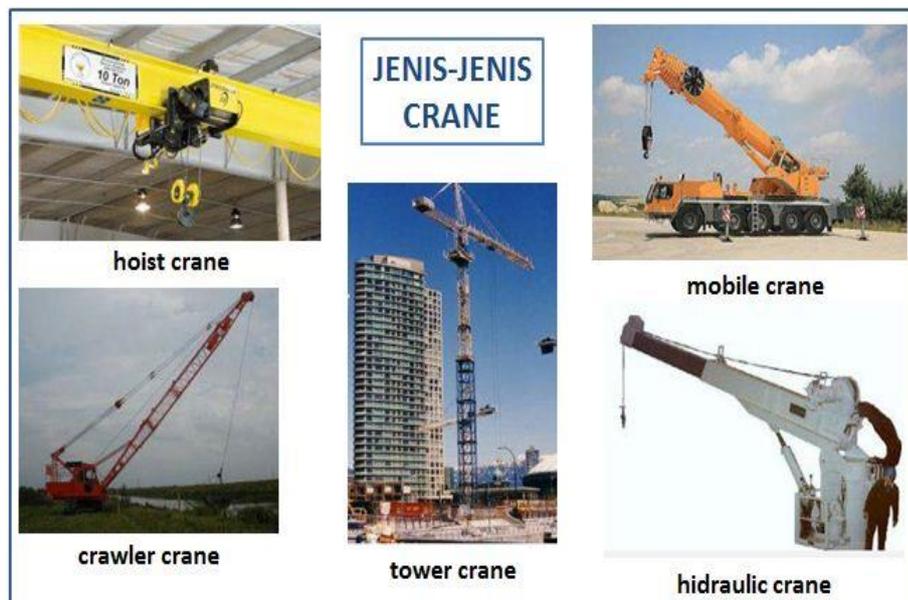
## LAMPIRAN

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

*Crane* merupakan salah satu alat yang paling banyak digunakan pada suatu proyek konstruksi karena memiliki kemampuan dalam mengangkat dan memindahkan material ataupun benda-benda yang berat. Dengan kemampuan yang dimilikinya, membuat pekerjaan menjadi lebih mudah dan cepat sehingga dapat mempersingkat waktu serta menghemat biaya jutaan rupiah jika dilakukan dengan cara manual. Pada umumnya crane banyak digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan proyek konstruksi gedung-gedung bertingkat tinggi, pelabuhan, pabrik, pertambangan, pergudangan, dan industri lainnya.



Gambar 2. 1 Jenis-Jenis Crane

(Sumber : <https://standarku.com>)

*Crane* memiliki berbagai macam fungsi dan ukuran, tergantung pada kebutuhan yang kita inginkan di lapangan. *Crane* biasanya terdiri dari beberapa jenis diantaranya yaitu :

#### 1. *Tower Crane*

*Tower crane* merupakan alat pengangkat yang biasa digunakan pada proyek konstruksi. *Tower crane* terdiri dari beberapa bagian yang dapat dibongkar pasang ketika digunakan sehingga mudah untuk dibawa kemana saja. *Tower crane* biasanya

diangkut secara terpisah menggunakan kendaraan (trailer) ke tempat proyek kemudian dipasang kembali di tempat proyek. Pemasangan *tower crane* membutuhkan waktu yang cukup lama karena ada banyak bagian-bagian yang harus dipasang termasuk pembuatan pondasinya.

## 2. *Mobile Crane (Truck Crane)*

*Mobile crane (truck crane)* adalah crane yang terdapat langsung pada mobile (truck) sehingga dapat dibawa langsung pada lokasi kerja tanpa harus menggunakan kendaraan lain. *Crane* tipe ini memiliki kaki (pondasi/tiang) yang dapat dipasangkan ketika beroperasi, hal ini dimaksudkan agar ketika beroperasi *crane* menjadi seimbang

## 3. *Crawler Crane*

*Crawler crane* biasanya digunakan pada lokasi proyek pembangunan dengan jangkauan yang tidak terlalu panjang. *Crane* ini memiliki roda-roda rantai (*crawler*) yang dapat bergerak ketika digunakan.

## 4. *Hidraulic Crane*

Pada umumnya semua jenis *crane* menggunakan sistem hidraulic dan pneumatic untuk dapat bekerja. Namun secara khusus *hidraulic crane* biasanya digunakan pada perbengkelan dan pergudangan yang memiliki struktur sederhana. *Crane* ini biasanya diletakkan pada suatu titik, tidak untuk dipindah-pindah dan memiliki jangkauan yang tidak terlalu panjang serta dapat berputar 180°.

## 5. *Hoist Crane*

*Crane* tipe ini biasanya terdapat pada pergudangan dan perbengkelan. *Hoist crane* ditempatkan pada langit-langit dan berjalan di atas rel khusus yang dipasang pada langit-langit tersebut. Rel ini memungkinkan agar *crane* dapat bergerak maju dan mundur.

## 6. *Jip Crane*

*Jip crane* memiliki berbagai macam ukuran, *jip crane* yang kecil biasanya digunakan pada perbengkelan dan pergudangan untuk memindahkan barang-barang yang relative berat. *Jip crane* memiliki sistem kerja dan mesin yang mirip seperti *hoist crane* dan struktur seperti *hidraulic crane*.

## 2.2 Kelebihan Dan Kelemahan Baja Sebagai Material Struktur

Dalam dunia Teknik sipil, terdapat dua jenis material yang paling umum digunakan sebagai bahan bangunan, yaitu beton dan baja. Masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan dalam penggunaannya.

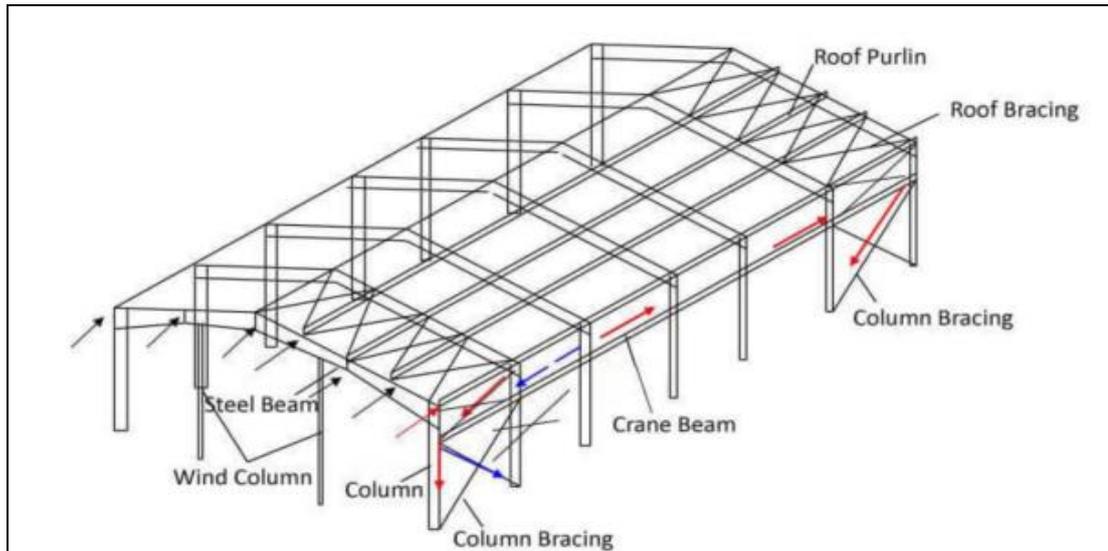
Kelebihan material baja antara lain:

1. *High strength* (berkekuatan tinggi)
2. Memiliki elastis yang baik
3. *Uniformity* yaitu properties dari elemen struktur baja tidak berubah seiring waktu baik dari segi mutu material maupun geometrinya
4. *Ductility* adalah sebuah kemampuan dari struktur baja untuk melakukan deformasi yang besar tanpa mengalami kegagalan
5. *Toughness* merupakan kemampuan baja untuk menyerap energi dalam jumlah yang besar
6. *Additional to existing structure* artinya struktur baja lebih mudah dimodifikasi dengan menambahkan elemen struktur baru pada elemen tertentu selama masih dalam batas kemampuan struktur

Kekurangan material baja antara lain :

1. Mudah mengalami korosi
2. *Fireproofing costs* yaitu biaya yang harus dikeluarkan oleh pemilik gedung guna melindungi baja dari api
3. Mudah mengalami tekuk (*buckling*)
4. *Fatigue* (lelah) yaitu material baja mengalami penurunan kekuatan secara signifikan saat menerima beban bolak-balik.

## 2.3 Komponen Struktur Pada Bangunan Power House



Gambar 2. 2 Komponen Struktur Power House

(Sumber : [www.civil-network.com](http://www.civil-network.com))

Pada umumnya struktur *power house* sama seperti bangunan gudang dan pabrik baja lainnya yang terdiri dari Kolom, Balok, Balok Crane, Purlin, Gording, Bracing, dan Base Plate.

## 2.4 Tipe Portal Struktur Atap Bangunan Power House

Secara umum terdapat kategori tipe struktur bangunan baja pada power house / pabrik, diantaranya adalah

- a. Portal Frame
- b. Portal Truss
- c. Space Frame Truss

### 2.4.1 Portal Frame

Jika mengamati sebuah struktur bangunan gedung peruntukan industri, rangka portal (*portal frame*) yang umumnya digunakan adalah bangunan bertingkat rendah yang terdiri dari kolom dan elemen horizontal atau *pitched rafter* yang dihubungkan oleh sambungan penahan momen. Struktur rangka portal (*portal frame*) juga bergantung pada tahanan lentur dari sambungan yang diperkuat oleh haunch yang sesuai atau telah dilakukan pendalaman bagian rafter.

Adapun bentuk struktur rangka kaku ini cukup stabil di bidangnya. Selain itu, struktur rangka kaku juga memberikan area luas yang tidak terhalang oleh bracing (pengaku). Adapun yang dimaksud struktur rangka kaku (*rigid frame*) adalah struktur

yang terdiri atas elemen-elemen linier, umumnya balok dan kolom yang saling dihubungkan pada ujung-ujungnya oleh *joints* (titik hubung) yang dapat mencegah rotasi relatif di antara elemen struktur yang dihubungkannya.

Sejumlah jenis struktur dapat diklasifikasikan secara luas sebagai portal frame. Namun, pemilihan tingkat kekakuan yang tepat adalah keputusan proses desain yang cukup penting. Biasanya, tumpuan sendi adalah yang paling umum digunakan untuk kenyamanan desain dan konstruksi pondasi. Hal ini memang tidak memberikan solusi ekonomis untuk pondasi dan struktur karena kekakuan dasar yang sederhana sekali pun sering memberikan peningkatan besar dalam stabilitas portal.

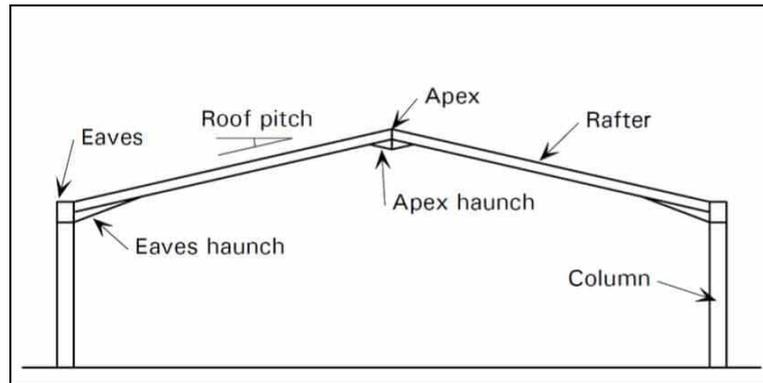
Sementara itu, Salter et al (2004) dalam publikasinya menyebutkan bahwa setiap tipe portal frame memiliki kekhasannya masing-masing. Adapun tipe *portal frame* yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Pitched Roof Portal
2. Portal Frame dengan lantai mezzanine
3. Portal Frame dengan 'lean-to'
4. Portal frame derek dengan kolom braket
5. Mono-pitch Portal Frame
6. Propped Portal Frame (Rangka portal dengan penopang)
7. Tied Portal Frame
8. Portal Frame Mansard
9. Curved Rafter Portal Frame
10. Cellular Beam Portal Frame
11. Gable Wall Frames
12. Hipped Roof Frames

#### **2.4.1.1 Pitched Roof Portal**

Rangka portal atap bernada simetris bentang tunggal atau *Pitched Roof Portal* biasanya memiliki ciri sebagai berikut :

- Bentang antara 15 m dan 50 m
- Ketinggian atap antara 5 dan 10 m
- Sudut atap di antara 5-10 m (umumnya menggunakan ukuran 6 m)
- Jarak portal antarbidang dari 5 hingga 8 meter
- Haunch diberikan pada pertemuan kolom-rafter dan rafter-rafter (puncak)



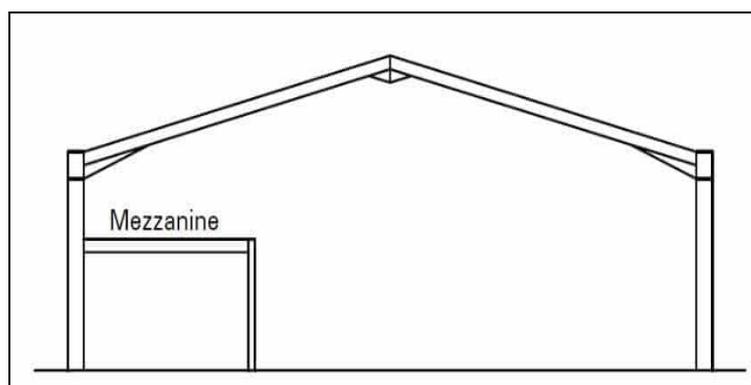
Gambar 2. 3 Pitched Roof portal

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

Sebagian besar karakteristik ini ditentukan oleh nilai-nilai ekonomis terhadap konstruksi bentuk lain. Penggunaan haunch pada atap dan puncak keduanya dapat mengurangi kedalaman rafter yang diperlukan dan mencapai sambungan momen yang efisien pada titik-titik ini.

#### 2.4.1.2 Portal Frame dengan lantai mezzanine

*Mezzanine* merupakan suatu tempat atau ruang tambahan yang letaknya berada di antara lantai dan plafon atau lantai satu dengan lantai dua jika bangunan tersebut bertingkat. Kata *mezzanine* berasal dari bahasa Italia, yaitu *mezzo* yang berarti bagian tengah atau di tengah. Pada tipe rangka portal (*portal frame*) ini, bingkai portal harus dirancang untuk menstabilkan *mezzanine* seperti yang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.

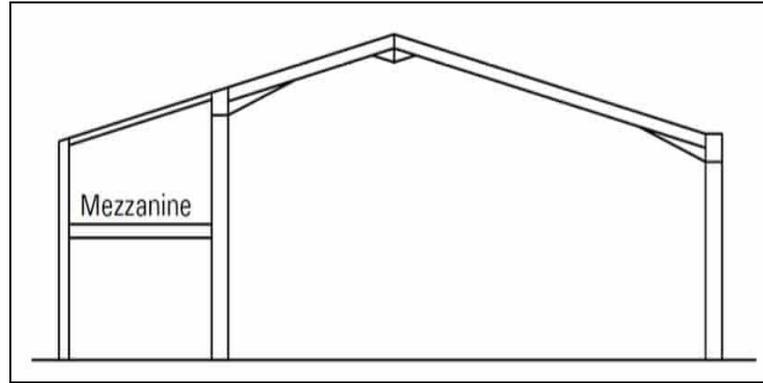


Gambar 2. 4 Portal Frame Dengan Lantai Mezzanine

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

#### 2.4.1.3 Portal Frame dengan 'lean-to'

Menempatkan kantor secara eksternal ke dalam bingkai portal dapat membuat struktur portal asimetris seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



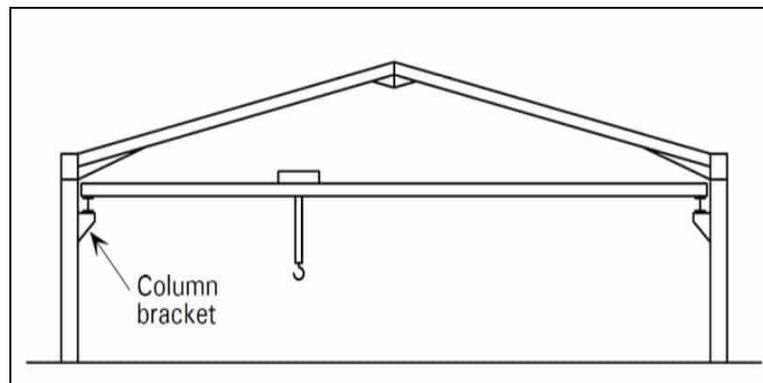
Gambar 2. 5 Portal Frame dengan 'Lean-To'

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

Keuntungan utama dari konfigurasi ini adalah kolom dan haunch tidak menghalangi ruang kantor di mana struktur kantor benar-benar *'lean-to'*. Oleh karena itu, portal harus dirancang untuk menstabilkan struktur kantor dengan cara yang sama seperti bingkai portal menstabilkan *mezzanine*.

#### 2.4.1.4 Portal frame derek dengan kolom braket

Jika dibutuhkan adanya pemasangan alat derek pengangkut pada *portal frame* dengan tipe yang relatif rendah (sekitar 20 ton), maka braket dapat dipasang pada kolom untuk mendukung rel derek seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 6 Portal Frame Derek Dengan Kolom Braket

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

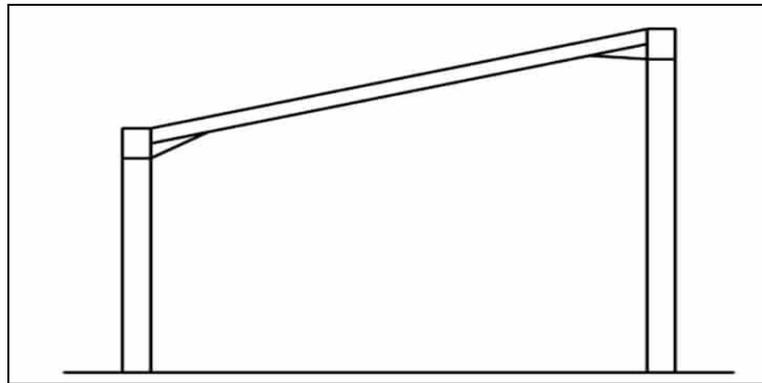
Penggunaan ikatan atau dasar kolom yang kaku mungkin diperlukan untuk mengurangi defleksi (perubahan bentuk) pada atap. Sementara penyebaran bingkai di tingkat rel derek mungkin sangat penting untuk fungsi derek. Untuk itu, dianjurkan dapat memeriksa persyaratan elemen struktur ini bersama klien dan produsen *crane*.

Meski demikian, penyebaran bingkai di tingkat rel derek dapat dikurangi dengan sejumlah pendekatan. Di antaranya adalah sebagai berikut :

- Memilih batang yang lebih kaku untuk kolom dan kasau
- Mengurangi tinggi atap
- Menggunakan sistem ikatan pada area atap (jika tidak terhalang *crane*)
- Menggunakan basis kolom yang kaku secara nominal

#### 2.4.1.5 Mono-pitch Portal Frame

*Portal frame mono-pitch* biasanya dipilih untuk bentang kecil atau karena kedekatannya dengan bangunan lain. Tipe *portal frame* ini adalah variasi sederhana dari rangka portal dan cenderung digunakan untuk bangunan yang lebih kecil (hingga rentang 15 m).

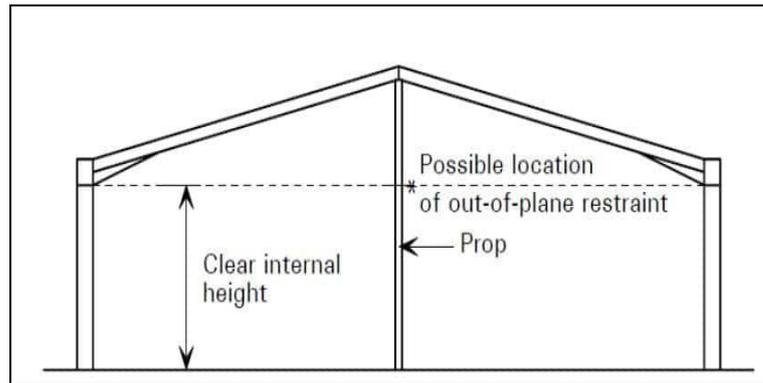


Gambar 2. 7 Mono-Pitch Portal Frame

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

#### 2.4.1.6 Propped Portal Frame (Rangka portal dengan penopang)

Jenis portal frame ini kadang-kadang disebut sebagai “portal satu bentang dengan penopang”. Bentang *portal frame* ini memiliki ukuran yang besar (lebih dari 30 m) dan tidak memerlukan area bebas antar bentang. Portal yang disangga juga dapat mengurangi ukuran rafter dan desakan horizontal sehingga dapat lebih ekonomis dari segi biaya baja dan pondasi.

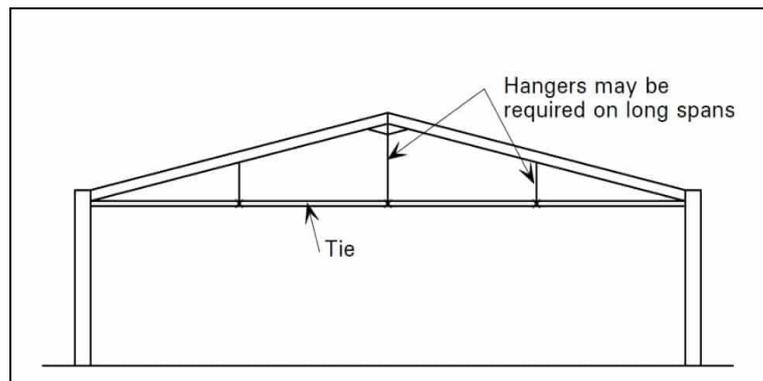


Gambar 2. 8 Propped Portal frame

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

#### 2.4.1.7 Tied Portal Frame

Dalam portal yang diikat sesuai gambar di bawah, pergerakan horizontal dari atap dan momen dalam kolom dapat dikurangi. Hal ini tentunya dapat berguna ketika *crane* dirancang untuk menjangkau seluruh struktur di bawah level tie. Namun, terdapat kerugian di mana jarak bebas vertikal yang tersedia akan berkurang.



Gambar 2. 9 Tied Portal Frame

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

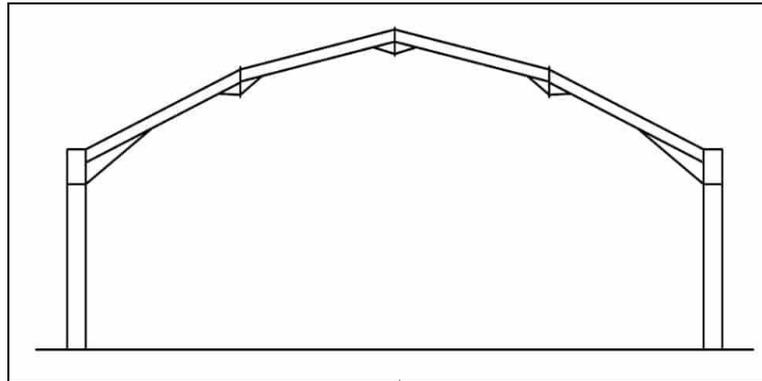
Untuk kemiringan atap kurang dari  $15^\circ$ , gaya yang sangat besar akan berkembang di rafter dan tie. Kekuatan besar ini akan mengurangi stabilitas portal sehingga desain dan proses analisis harus dilakukan secara hati-hati. Sementara itu, sambungan pengikat di bagian atap relatif mahal. Sistem sambungan seperti ini harus cukup kaku dan bebas dari gerakan agar dapat mencegah lendutan yang tidak termasuk dalam perhitungan desain.

Untuk kerangka portal terikat konvensional, sangat disarankan agar ikatan memiliki ukuran yang tetap elastis pada ultimate limit stress. Hal ini ditujukan untuk memastikan bahwa analisis mencerminkan perilaku struktur. Selain itu, disarankan

juga bahwa koneksi ujung harus mencakup penyesuaian untuk memungkinkan toleransi fabrikasi dan ereksi.

#### 2.4.1.8 Portal Frame Mansard

*Portal mansard* dapat digunakan jika diperlukan bentang area yang luas dan besar, tetapi ketinggian atap bangunan diminimalkan. *Portal mansard* mungkin dapat menjadi solusi untuk memangkas pengeluaran bahan struktur bangunan di mana terdapat kebutuhan dalam membatasi penyebaran atap.

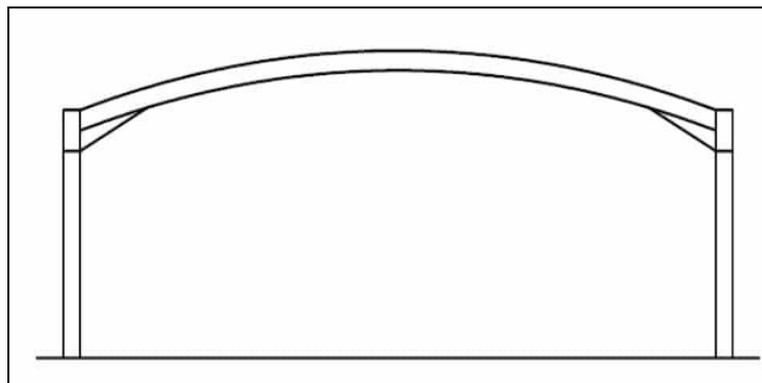


Gambar 2. 10 Portal Frame Mansard

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

#### 2.4.1.9 Curved Rafter Portal Frame

Sejumlah bangunan rangka *curved* rafter telah dibangun dalam beberapa tahun terakhir, terutama untuk aplikasi arsitektur. Penggunaan rafter dapat melengkung sesuai jari-jari oleh *cold bending*.

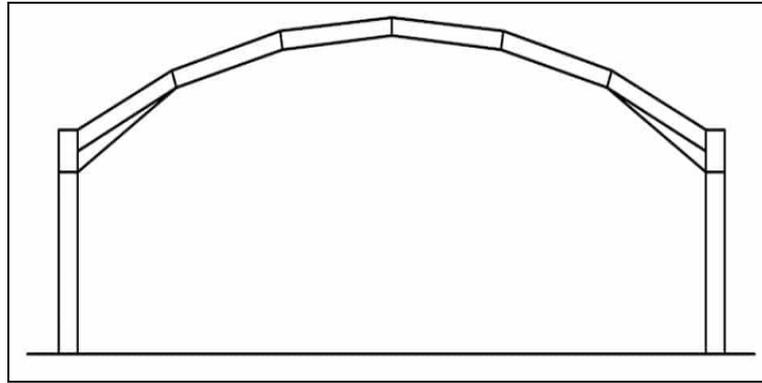


Gambar 2. 11 Curved Rafter Portal Frame Type -1

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

Untuk bentang lebih besar dari 16 m, sambungan mungkin diperlukan pada rafter karena keterbatasan transportasi. Sambungan ini harus dirinci dengan cermat mengingat alasan arsitektur. Portal ini sering dianalisis menggunakan model di mana

kurva diwakili oleh serangkaian empat elemen lurus. Atau, di mana atap harus melengkung, rafter tidak perlu melengkung. Rafter dapat didesain dan dibuat sebagai serangkaian elemen lurus seperti pada gambar di bawah ini. Untuk kasus ini, mungkin perlu untuk “membersihkan” *purlin cleat* agar membentuk atap melengkung.



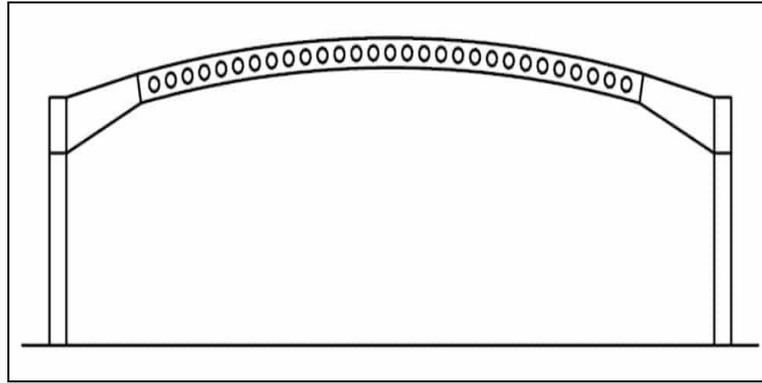
Gambar 2. 12 Curved Rafter Portal Frame Type -2

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

#### 2.4.1.10 Cellular Beam Portal Frame

Dalam beberapa tahun terakhir ini, serangkaian portal telah dibangun menggunakan balok seluler. Banyak *cellular beam frame portal* dalam rentang bentang 40 m hingga 55 m telah dibangun. Bahkan bentang yang lebih besar juga dimungkinkan.

Portal seperti ini umumnya memiliki rafter melengkung yang mudah dicapai dengan menggunakan balok seluler. Jika diperlukan splices pada rafter (untuk transportasi), diharapkan agar hati-hati dalam melakukan perincian. Desain elastis digunakan karena bagian yang digunakan tidak dapat mengembangkan engsel plastik pada penampang yang merupakan kriteria penting dalam desain plastik.

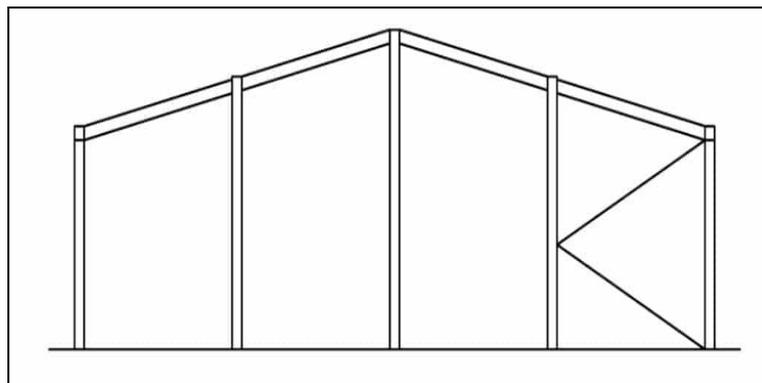


Gambar 2. 13 Cellular Beam Portal Frame

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

#### 2.4.1.11 Gable Wall Frames

*Gable wall frame* terletak di ujung bangunan dan dapat terdiri dari tiang-tiang kolom dengan rafter yang ditumpu dengan desain sederhana. Jika bangunan akan diperpanjang, portal dengan ukuran yang sama dengan portal internal lebih disukai.



Gambar 2. 14 Gable Wall Frame

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

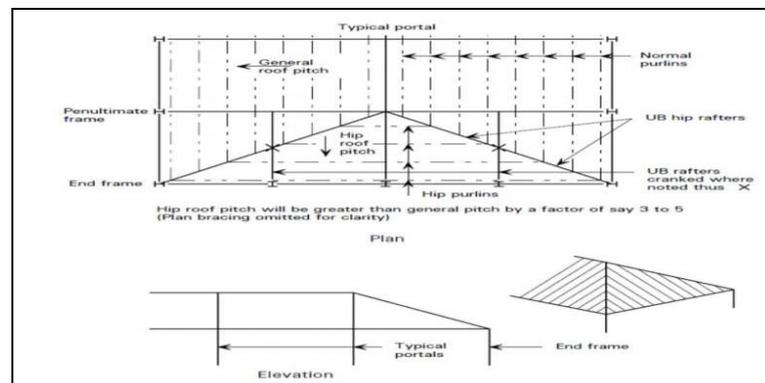
Stabilitas *gable frame* yang stabil dalam bidang biasanya diperkuat di antara tiang-tiang gable. Sementara stabilitas di luar bidang portal disediakan dengan menguatkan bagian atap dan dinding yang biasanya dirancang untuk menahan beban angin di ujung bangunan.

Rafter biasanya dirancang sebagai balok yang membentang yang hanya disangga di antara bagian atas tiang. Keduanya juga mendukung beban vertikal dari purlins, selain gaya tekan dari fungsinya sebagai perangkat dari sistem bracing rencana.

#### 2.4.1.12 Hipped Roof Frames

*Hipped Roof Frames* sering digunakan untuk meningkatkan tampilan struktur industri atau di mana bentuk atap yang lebih tradisional. Penggunaan *Hipped Roof Frames* misalnya adalah supermarket, gedung olahraga, atau tempat parkir mobil. *Hipped Roof Frames* dapat dibangun dalam beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut :

Pertama, kerangka ujung dapat ditempatkan pada jarak yang sama dengan kerangka utama. Rangka langit-langit bersudut bertemu di puncak kerangka kedua dari belakang. Konsep ini biasanya mengarah ke ujung atap yang lebih curam dibanding puncak atap biasa. Kedua, fitur *gablette* dapat diperkenalkan, di mana rafter miring bertemu di bawah puncak portal kedua dari belakang.



Gambar 2. 15 Hipped Roof Frame

(Sumber : Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1:2000)

Dalam mendesain struktur rangka portal (*portal frame*), terdapat beberapa poin yang harus Anda perhatikan. Antara lain:

- Jika penyangga dirancang sebagai bagian ujung penerima beban secara aksial, sambungan pada kedua ujung harus didetailkan untuk mewujudkan asumsi ini. Namun, penyangga ujung pin mengurangi stabilitas portal dan dapat menyebabkan kesulitan selama proses perangkaian sehingga penyangga jenis ini tidak direkomendasikan untuk digunakan.
- Untuk mengurangi defleksi (perubahan bentuk) karena beban horizontal dan meningkatnya stabilitas rangka, penyangga dapat dirancang sebagai kolom dengan sambungan kaku pada tumpuan dan/atau bagian atas. Ukuran kolom perlu ditingkatkan terhadap ujung sendi untuk menahan momen yang disebabkan oleh kekakuan sambungan.

- Penggunaan haunch di kedua sisi prop pusat akan memungkinkan bagian rafter berkurang karena haunch lebih mampu menahan lenturan momen besar di atas prop. Namun, pengurangan ukuran rafter akan cenderung mengurangi stabilitas in-plane dari frame.
- Desain struktur juga sangat bergantung pada penggunaan bangunan. Jika memungkinkan, berikan pengekangan di luar bidang penyangga pada tingkat ketinggian internal yang bebas. Pengekangan ini harus diikat kembali ke penguat vertikal di beberapa titik di dalam Gedung.
- Jika penyangga dirancang untuk menahan momen dalam hubungannya dengan haunch puncak, maka atap haunch dapat dibuat lebih kecil sehingga meningkatkan ketinggian internal gedung yang dapat digunakan.
- Jika kerangka berpelindung digunakan dalam kondisi batas dalam persyaratan keselamatan bangunan terhadap kebakaran, penyangga harus didesain terlindung dari risiko terpaparnya api.

#### **2.4.2 Portal Truss**

*Portal Truss* adalah sistem struktur portal yang bagian struktur horizontalnya merupakan susunan rangka batang pada satu bidang tunggal. Susunan rangka batang harus mengakomodasi kekakuan dan kekuatan dalam sistem gaya tarik-tekan saja. Rangka batang akan menggunakan susunan konfigurasi segitiga yang secara mekanik dapat memberikan efek kekakuan dan kekangan (penahanan) yang tinggi. Dengan fenomena mekanik tersebut, dibandingkan dengan sistem portal frame, maka *portal truss* dapat mengurangi efek lendutan pada bentang panjang.

Idealisasi dan asumsi pada struktur portal truss menggambarkan bahwa setiap elemen hanya mampu menerima gaya tarik dan tekan saja. Konsekuensinya adalah tipe sambungan pada sistem ini bersifat sendi. Dengan kondisi tersebut maka beban-beban akan terkonsentrasi pada titik-titik buhulnya (simpul).

Karena hanya mempertimbangkan gaya tarik-tekan saja, maka profil yang biasa digunakan pada struktur portal truss ini adalah profil yang “tipis” seperti profil kanal, siku, hollow turbular dan rectangular. Setidaknya terdapat 5 (lima) tipe Portal Truss diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pratt Truss
2. Warren Truss

3. North-Light Truss
4. Fink-Truss
5. Saw-Tooth Truss

#### **2.4.2.1 Pratt Truss**

*Pratt truss* sudah digunakan selama kurang lebih 2 (dua) abad terakhir sebagai salah satu metode truss yang paling efektif. Pratt truss ini dipatenkan sejak tahun 1844 oleh Caleb Pratt dan puteranya yang bernama Thomas Willis Pratt. Pratt truss didesain menggunakan balok vertical untuk menyangga beban pada tiang-tiangnya dan balok horizontal untuk menyangga tarikannya. Jika dibandingkan dengan tipe lainnya, pratt truss paling sesuai untuk balok horizontal karena energi atau gayanya lebih dominan pada balok vertical.



Gambar 2. 16 Pratt Truss

(Sumber : [www.shop.cvmw.com](http://www.shop.cvmw.com))

#### **2.4.2.2 Warren Truss**

*Warren Truss* merupakan sistem struktur truss lain yang sangat populer dan mudah diidentifikasi dengan konstruksinya dari segitiga sama sisi. Salah satu keuntungan utama dari *Warren Truss* adalah kemampuannya untuk menyebarkan beban secara merata di sejumlah anggota yang berbeda, namun pada beberapa kasus *Warren Truss* dapat menyebarkan beban ketika struktur mengalami beban terbentang (beban menjadi terdistribusi).

Namun keuntungan utamanya tersebut juga dapat menjadi penyebab kerugiannya. Struktur rangka akan mengalami gaya terpusat di bawah beban titik. Di bawah skenario beban terkonsentrasi ini, struktur tidak sebaik mendistribusikan beban secara merata di seluruh anggotanya. Oleh karena itu, jenis rangka Warren

Truss lebih menguntungkan untuk beban yang terbentang, tetapi tidak cocok jika beban terpusat pada satu titik atau simpul.



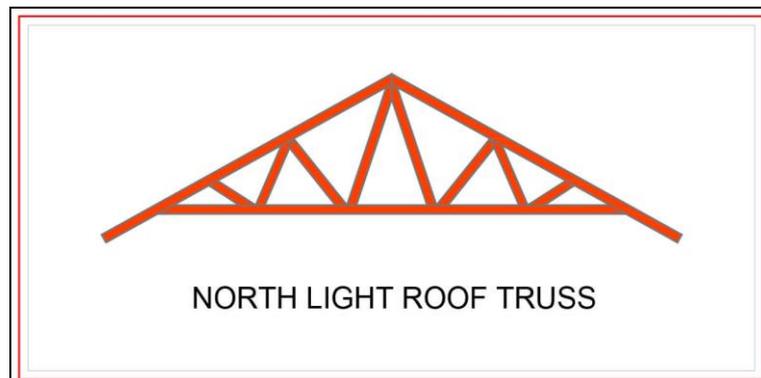
Gambar 2. 17 Warren Truss

(Sumber : [www.123rf.com](http://www.123rf.com))

#### 2.4.2.3 North-Light Truss

Rangka Atap *North Light* cocok untuk bentang lebih besar yang melebihi 20m dan mencapai 30m. Ini karena lebih murah untuk menambahkan tiang penopang yang memiliki gelagar kisi lebar yang lebih besar untuk mencakup rangka penopang.

Jenis rangka ini adalah salah satu yang tertua dan juga yang paling ekonomis yang dapat kita temukan di pasaran. Jenis ini memungkinkan kita mendapatkan ventilasi pada atap. Rangka ini juga berfungsi untuk ruang tamu dan secara umum untuk ruang yang sangat besar.



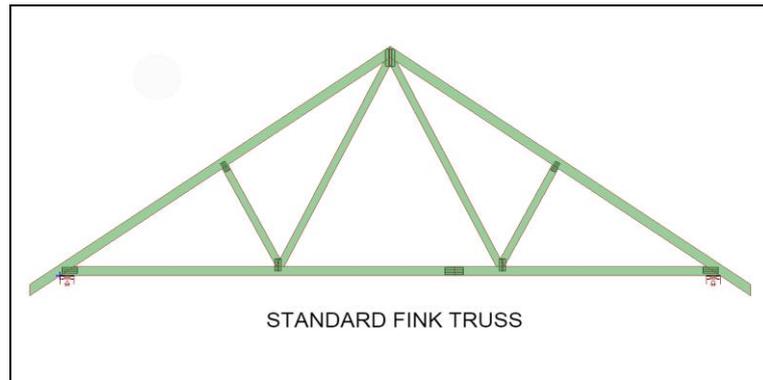
Gambar 2. 18 North Light Roof Truss

(Sumber : <https://civilstring.com>)

#### 2.4.2.4 Fink-Truss

*Fink Truss*, bentuknya memiliki anggota web yang mengikuti pola V yang dapat diulang beberapa kali. Saat akord atas miring ke bawah dari tengah, pola V menjadi lebih kecil. Karena rangka Fink lebih mengandalkan anggota diagonal,

rangka tersebut dapat menjadi sangat efisien dalam mentransmisikan beban ke tumpuan. Turunan dari rangka Fink termasuk jenis *Double Fink* dan *Fan truss*. Fink truss ganda pada dasarnya adalah gulungan Fink yang mengulangi pola dua kali di kedua sisi. Jika rangka Fink paling dasar dapat dicirikan oleh V ganda, maka sirip ganda akan terlihat seperti W ganda. Pada dasarnya, Fan Truss adalah rangka Fink yang memiliki anggota jaring yang 'mengembang' dari sambungan di bagian bawah, biasanya penambahan anggota vertikal.

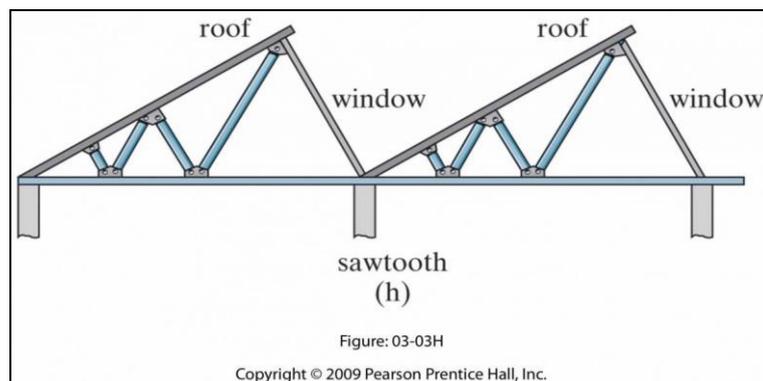


Gambar 2. 19 Fink Truss

(Sumber : [www.perrantrusses.co.uk](http://www.perrantrusses.co.uk))

#### 2.4.2.5 Saw-Tooth Truss

*Saw-tooth truss* adalah struktur baja yang berbentuk seperti gigi gergaji dan biasanya digunakan pada bangunan pabrik. Pada permukaan yang lebih curam biasanya dilapisi dengan kaca dan menghadap jauh dari khatulistiwa untuk melindungi pekerja dan mesin dari sinar matahari langsung. Atap jenis ini memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam rencana bangunan atau pabrik.

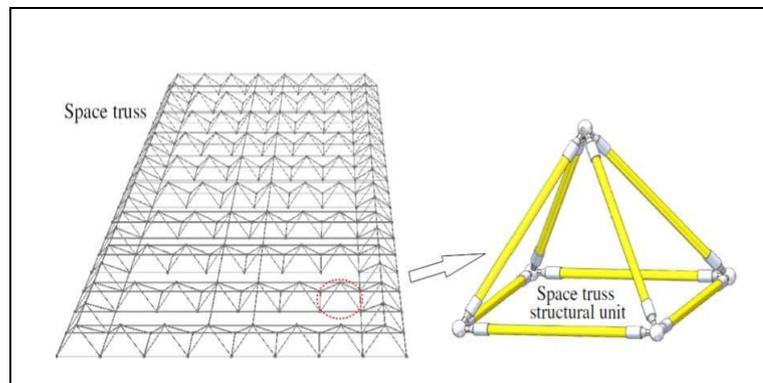


Gambar 2. 20 Saw-Tooth Truss

(Sumber : <https://id.pinterest.com>)

### 2.4.3 Space Truss

*Space Truss* adalah struktur kombinasi rangka yang membentuk segitiga yang secara global membentuk volume tiga dimensi. Dalam *space truss*, setiap elemen terdiri dari 6 (enam) rangka batang untuk membentuk satu kesatuan struktur yang kaku dan stabil. Selain pada bangunan warehouse, struktur *space truss* banyak digunakan pada atap stadion bahkan hanggar pesawat terbang. Konsep mekanika dari *space truss* secara umum sama dengan *portal truss*, namun *space truss* bekerja pada berbagai bidang dan tidak hanya pada satu bidang tunggal saja. Oleh karena itu, bentang yang ditawarkan oleh sistem *space truss* jauh lebih besar dibandingkan *portal truss*, apalagi jika dibandingkan dengan *portal frame*.



Gambar 2. 21 Space Truss

(Sumber : <https://eticon.co.id>)

Selain karena pertimbangan fungsi, pemilihan sistem struktur tentu sangat bergantung pada kemampuan perencana untuk mengidealisasikan pemodelan sesuai dengan kondisi mekanika yang riil. Faktor kemampuan aplikator dalam mewujudkan desain gambar menjadi bangunan utuh dan bekerja sesuai sistem menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan.

## 2.5 Kriteria Desain Perencanaan Teknis Struktur Baja

### 2.5.1 Standar Peraturan Perencanaan

Dalam merencanakan struktur *power house*, penulis menggunakan peraturan dan standar yang berlaku saat ini antara lain :

#### 1. Perencanaan Pembebanan

- SNI 1726:2019 - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung

- SNI 1727:2020 - Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain
2. Perencanaan Baja
    - SNI 1729:2020 - Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
    - SNI 7860:2020 – Ketentuan Seismik Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
    - SNI 7972:2020 - Sambungan Terprakualifikasi Untuk Rangka Momen Khusus Dan Menengah Baja Pada Aplikasi Seismik
  3. Perencanaan Beton
    - SNI 2847:2019 – Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung

### **2.5.2 Standar Material Baja Struktural**

1. Baja Pelat dan Profil :
  - JIS G3101-SS400, Carbon Steel Square For General Structural Purpose
  - JIS G3101-SS490, Carbon Steel Square For General Structural Purpose
2. Baut : ASTM A325-14, Standard Specification For Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi-Minimum Tensile
3. Angkur : ASTM A307-14, Standard Specification For Carbon Steel Bolts, Studs, And Threated Rod 60 ksi-Tensile Strength

### **2.5.3 Spesifikasi Baja Struktur**

- 1) Baja Profil dan Pelat
  - JIS G 3101-SS400
    - Tegangan leleh : 215-245 MPa
    - Tegangan ultimit : 400-510 MPa
  - JIS G 3101-SS490
    - Tegangan leleh : 255-285 MPa
    - Tegangan ultimit : 490-610 MPa
- 2) Angkur
  - Standard ASTM A307-14
    - Tegangan leleh : 240 MPa
    - Tegangan ultimit : 370 MPa
3. Baut
  - Standard ASTM A325-14

- Tegangan leleh : 660 MPa
- Tegangan ultimit : 830 MPa

#### 4. Pengelasan

- Standard AWS D1.1
  - Tegangan leleh : 415 MPa
  - Tegangan ultimit : 495 MPa

## 2.6 Pembebanan Pada Struktur Bangunan Power House

### 2.6.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727:2020, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Dalam perencanaan struktur, berat jenis material yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beton : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Baja : 7850 kg/m<sup>3</sup>

### 2.6.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah beban rencana material yang terpasang secara permanen. Beban mati tambahan pada atap ini adalah :

- Atap Metal Sheet : 5 kg/m<sup>2</sup>
- Gording : 7,51 kg/m<sup>2</sup>
- Besi Siku : 3,77 kg/m<sup>2</sup>
- Insulation (Density 16 kg/m<sup>3</sup>) tebal 1 inchi : 0,4 kg/m<sup>2</sup>
- ME : 5 kg/m<sup>2</sup> (hanya lampu tanpa ducting)
- Accessories : 10% dari total beban mati tambahan

### 2.6.3 Beban Hidup

Menurut SNI 1727:2020, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk

beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Beban hidup Atap (*Live Load Roof*) pada perencanaan ini adalah  $96 \text{ kg/m}^2$  (SNI 1727:2020). Dengan mengaplikasikan reduksi sebesar 0,6 dan dibulatkan, maka beban hidup pada atap menjadi  $60 \text{ kg/m}^2$ .

#### **2.6.4 Beban Angin**

Berdasarkan SNI 1727:2020 pasal 26, persyaratan umum beban angin untuk menentukan parameter dasar dalam penentuan beban angin pada SPGAU dan K&K. Parameter-parameter dasar tersebut adalah :

1. Kategori risiko bangunan Gedung
2. Kecepatan angin dasar ( $V$ )
3. Faktor arah angin ( $K_d$ )
4. Kategori Eksposur
5. Faktor topografi ( $K_{zt}$ )
6. Faktor elevasi permukaan tanah ( $K_e$ )
7. Koefisien eksposur tekanan velositas,  $K_h$  dan  $K_z$
8. Tekanan kecepatan ( $q_z$ )
9. Faktor pengaruh hembusan angin ( $G$ )
10. Klasifikasi ketertutupan
11. Koefisien tekanan internal ( $G_{C_{pi}}$ )
12. Koefisien tekanan eksternal ( $C_p$  atau  $C_N$ )
13. Tekanan angin ( $p_s$ )

#### **2.6.5 Beban Gempa**

Berdasarkan SNI 1726:2019 untuk menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %.

Adapun tahapan-tahapan dalam menganalisis gempa pada bangunan *power house* adalah sebagai berikut :

1. Tentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung (I-IV)
2. Tentukan Faktor Keutamaan

3. Tentukan parameter percepatan tanah ( $S_s$ ,  $S_1$ )
4. Tentukan Klasifikasi Situs (SA-SF)
5. Tentukan Faktor Koefisien Situs ( $F_a$ ,  $F_v$ )
6. Hitung parameter percepatan desain ( $S_{ds}$ ,  $S_{d1}$ )
7. Tentukan Kategori Desain Seismik, KDS (A-F)
8. Pilih sistem dan parameter struktur ( $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_0$ )
9. Tahapan Analisis Spektrum Respons Ragam
10. Penentuan Periode Fundamental Pendekatan ( $T_a$ )
11. Penentuan Koefisien Respons Seismik
12. Perhitungan Gaya Geser Dasar Seismik ( $V$ )

## **2.7 Perencanaan Teknis Runway Crane**

### **2.7.1 Pengenalan Tipe Hoist Crane**

Pada umumnya ada beberapa jenis crane hoist yang umum digunakan di dunia industri yaitu :

1. Overhead Crane

*Overhead crane* terdiri dari *hoist & trolley*, girder, *end carriages*, rail, *runaway beam*, elektrik, panel dan sistem control. Jika menggunakan satu girder utama maka disebut *single girder overhead crane* dan jika menggunakan dua buah girder maka disebut *double girder overhead crane*. Sering disebut juga sebagai bridge crane, alat ini merupakan jenis crane yang paling banyak digunakan di bengkel, gudang, pembangkit listrik dan pabrik. *Overhead Crane* didesain dengan memanfaatkan konstruksi bangunan sehingga dapat berjalan sepanjang runway dan rail yang berada di atas struktur atau kolom bangunan. Crane jenis ini dapat dirancang untuk melayani hampir seluruh area di bawahnya yang mampu dijangkau oleh hoist yang bergerak sepanjang girder.



Gambar 2. 22 Overhead Crane

(Sumber : <https://pt-hwk.com>)

## 2. Gantry Crane

*Gantry Crane / Semi Gantry Crane* adalah *crane* yang berdiri di atas kaki gantry. Konstruksi girder pada *gantry crane* terhubung dengan kaki *gantry* yang dilengkapi dengan end carriages sehingga dapat berjalan di atas rel tanpa struktur tambahan seperti *runway beam* dan kolom. Seperti halnya *overhead crane*, maka *crane* jenis ini dapat diproduksi dengan menggunakan *double girder* atau *single girder*. Karena tidak memerlukan struktur tambahan, maka *gantry crane* banyak digunakan untuk melayani pekerjaan di area luar bangunan atau *outdoor*. Pada beberapa bangunan yang konstruksinya tidak kuat untuk dipasang *overhead crane* maka opsi menggunakan *gantry crane* di dalam bangunan dapat dijadikan sebagai alternatif pilihan.



Gambar 2. 23 Gantry Crane

(Sumber : <https://pt-hwk.com>)

### 3. Jib Crane

Untuk area yang tidak luas dan beban yang tidak terlalu berat maka kita dapat menggunakan *jib crane*. *Jib crane* dapat dipasang pada lantai atau dengan memanfaatkan kolom bangunan. Dengan menggunakan *jib crane* kita dapat mengangkat material dalam gerakan setengah lingkaran ( $180^\circ$ ) atau satu lingkaran ( $360^\circ$ ). Untuk beberapa aplikasi standar, *crane* jenis ini dapat menjadi solusi yang relatif lebih murah dibandingkan tipe lainnya.



Gambar 2. 24 Jib Crane

(Sumber : <https://pt-hwk.com>)

#### 4. Monorail Hoist.

*Monorail* hanya dapat bergerak dalam dua arah saja yaitu naik-turun dan bergerak sepanjang monorail beam. *Monorail* sangat efektif digunakan bila dirancang sesuai dengan tata letak pabrik. Bentuk lintasan monorail beam dapat disesuaikan dengan area dan dapat berbelok radius dengan menggunakan *trolley* khusus yang dapat berputar mengikuti lintasan *monorail*. Hal ini memungkinkan kita membuat lintasan yang tidak berujung atau suatu sistem *monorail* yang berkesinambungan.

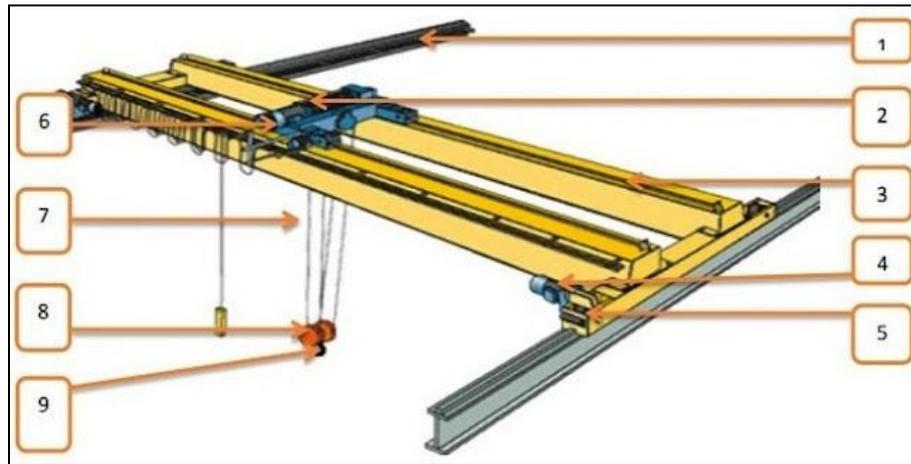


Gambar 2. 25 Monorail Hoist

(Sumber : <https://pt-hwk.com>)

#### 2.7.2 Komponen-Komponen Overhead Crane

*Power house* PLTM Pantan Cuaca menggunakan *crane* tipe *single girder overhead crane* dengan kapasitas 16 ton. *Overhead crane* memiliki komponen utama untuk menunjang kinerjanya sebagai pesawat angkat untuk mengangkut beragam jenis muatan. Terdapat beberapa komponen yang terletak pada alat ini, berikut beberapa diantaranya :



Gambar 2. 26 Komponen-Komponen Overhead Crane

(Sumber : [www.kmmigroup.com](http://www.kmmigroup.com))

1. Lintasan (*runway rail*)

*Runway rail* adalah komponen dari *overhead crane* yang berfungsi sebagai jalan bagi *crane* untuk bergerak maju dan mundur. *Runaway rail* berada di samping kanan dan kiri. Lintasan ini merupakan tempat untuk roda sehingga *hoist crane* dapat bergerak maju atau mundur.

2. Drum

Drum penggulung tali adalah alat yang berfungsi untuk menggulung tali baja. Bagian *hoist crane* ini dilengkapi dengan alur agar tali baja dapat digulung dengan teratur sehingga tali baja tidak mudah rusak.

3. Jembatan palang

Jembatan palang yaitu suatu lintasan yang dapat digunakan oleh *crane* untuk bisa bergerak ke kiri dan kanan.

4. Motor penggerak roda

Motor penggerak roda adalah komponen *overhead crane* yang memiliki fungsi untuk menggerakkan roda yang ada pada lintasan (*runaway rail*). Dengan begitu *crane* dapat bergerak maju dan mundur

5. Roda penggerak

Roda penggerak merupakan roda dari palang *crane* tersebut

6. Motor penggerak naik/turun (*hoist*)

Mesin *hoist* adalah alat yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan beban atau benda yang ingin dipindahkan. Agar berfungsi sebagaimana mestinya mesin hoist ini dilengkapi dengan hook dan tali kawat baja yang bisa diulur dan

digulung sehingga pekerja nantinya dapat meraih beban muatan dengan lebih mudah.

7. Tali baja

Tali baja adalah tali yang digunakan sebagai perabot pengangkat pada *overhead crane*.

8. Puli

Puli adalah alat yang digunakan untuk menuntun karena berfungsi sebagai pengubah arah peralatan. Alat ini dibuat dengan menggabungkan dari beberapa puli bebas dan puli tetap sehingga sistem ini yang akan mampu mengubah gaya yang terdapat pada sistem *crane*.

9. Pengait

Di dalam peralatan *hoist crane system*, untuk mengangkat beban muatan dibutuhkan rantai tali baja yang dikaitkan pada komponen pengait ini. Ada dua jenis kait yang umumnya digunakan pada sistem *crane*, yaitu kait tunggal dan kait tanduk.

### 2.7.3 Prinsip Kerja Overhead Crane

Prinsip kerja *overhead crane* adalah untuk mengangkat menurunkan dan memindahkan beban muatan. Dalam pengoperasiannya, operator harus memastikan bahwa benda yang akan diangkat harus bebas dari hambatan agar ketika dipindahkan sesuai dengan posisi yang diinginkan. *Overhead crane* pada umumnya memindahkan beban atau muatan berjarak antara 10 meter sampai dengan 100 meter. Terdapat tiga jenis pergerakan *crane* pada *overhead crane*, yaitu :

1. Gerakan *Hoist* (Naik/Turun)

Gerakan *hoist* pada sistem *overhead crane* adalah gerakan menaikkan atau menurunkan beban yang telah dipasang pada kait dengan bantuan drum. Untuk menggerakkan drum dibutuhkan motor listrik. Sementara itu untuk menghentikan gerakan drum dapat dilakukan dengan cara pengereman sehingga beban tidak akan naik atau turun setelah posisi yang ditentukan sesuai dengan yang direncanakan.

2. Gerakan Transversal

Gerakan transversal pada sistem kerja *overhead crane* adalah beban akan dipindahkan dengan arah melintang. Untuk mendukung adanya gerakan

transversal tersebut diperlukan motor troli. Troli akan bergerak pada gelagar utama. Jarak pemindahan beban muatan dapat diatur sesuai yang diinginkan. Untuk mengontrol pergerakannya dibutuhkan rem pengontrol yang dipasang pada poros motor dan bekerja menurut prinsip elektromagnet.

### 3. Gerakan Longitudinal

Gerakan longitudinal pada sistem kerja *overhead crane* adalah gerakan memanjang (longitudinal) disepanjang rel portal *crane* berada. Pengoperasian motor ke roda jalan dapat menimbulkan gerakan yang satu ini.

#### 2.7.4 Pembebanan Pada Runway Beam

##### ➤ Beban Pada Roda Girder Crane

Beban roda didapat dari data spesifikasi crane sebagai berikut :

Bentang : 12 m

Beban roda maksimum : 85,2 kN

Beban roda minimum : 9,3 kN

Untuk lebih jelasnya nilai beban roda crane dapat dilihat pada lampiran

##### ➤ Gaya *Vertical Impact*

Beban roda maksimum dari *crane* harus ditingkatkan dengan persentase berikut untuk menentukan pengaruh gaya *vertical impact* atau gaya getaran yang diakibatkan :

Crane rel tunggal (dengan tenaga) : 25%

Crane dioperasikan dengan remote : 25%

Crane dioperasikan dengan gantungan : 10%

Crane dikendalikan/ dioperasikan oleh tangan, dan

Alat pengangkat : 0%

##### ➤ Gaya Lateral

Gaya lateral pada crane balok runway dengan troli bertenaga listrik harus dihitung 20% dari jumlah kapasitas crane dan berat dari alat angkat dan troli. Gaya lateral harus diasumsikan bekerja horizontal pada permukaan traksi dari balok runway, baik dalam arah tegak lurus, dan harus didistribusikan sesuai dengan kekakuan lateral dari balok runway dan struktur pendukung.

➤ Gaya Longitudinal

Gaya Longitudinal dari *crane* balok runway harus dihitung sebagai 10% dari beban roda maksimum. Gaya longitudinal harus diasumsikan bekerja secara horizontal pada permukaan balok runway dalam arah sejajar balok.

## 2.8 ETABS dan Perhitungan Analisis Struktur Power House

ETABS (*Extended Three dimension Analysis of Building Systems*) adalah salah satu program computer yang digunakan khusus untuk perencanaan gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit. Software tersebut mempunyai tampilan yang hampir sama dengan SAP (*Structure Analysis Program*) karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama yaitu CSI. CSI (*Computer and Structure Inc*) merupakan salah satu perusahaan pembuat piranti lunak (*software*) untuk perencanaan-perencanaan struktur. *Software-software* dari CSI sudah digunakan di lebih dari 160 negara. *Software* ETABS memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan SAP 2000 yang lebih umum digunakan, antara lain :

1. Program ETABS memiliki fitur yang lebih simple, ringan, dan cepat dioperasikan (*fast loading*), karena fitur dan menu yang hanya dikhususkan untuk desain gedung saja.
2. Data karakteristik gedung dapat diinput dengan lebih mudah, cepat, dan praktis seperti jumlah lantai, ketinggian antar lantai yang sama (*typical story height*), ketinggian lantai bawah (*bottom story height*), dan penentuan satuan (*units*) yang akan digunakan
3. Pemodelan elemen balok, kolom, dan plat lantai bisa dilakukan lebih mudah dengan settingan *similar story*, sedangkan untuk kasus dimana lantai yang didesain berbeda dengan lantai yang lain, maka dapat digunakan pilihan *one story*.

Analisis struktur *power house* PLTM Pantan Cuaca, dilakukan dengan komputer berbasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan pemodelan struktur 3-D (*spaceframe*). Pemodelan struktur dilakukan dengan program ETABS V.18, mengingat bentuk struktur yang tidak beraturan, maka analisis terhadap beban gempa selain digunakan cara statik ekuivalen dengan memperhitungkan puntiran akibat eksentrisitas gedung, juga dilakukan analisis

dinamik *Response Spectrum Analysis* dan *Time History Analysis*. Struktur bangunan dirancang mampu menahan gempa rencana sesuai peraturan yang berlaku yaitu SNI 1726-2019 tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Dalam peraturan ini gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 2500 tahun, sehingga probabilitas terjadinya terbatas pada 2 % selama umur gedung 50 tahun. Konsep perancangan konstruksi didasarkan pada analisis kekuatan batas (*ultimate-strength*) yang mempunyai daktilitas cukup untuk menyerap energi gempa sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Secara umum, perhitungan analisa struktur power house dalam skripsi ini menggunakan bantuan *software* ETABS V.18 dan dilakukan juga perhitungan secara manual sebagai pembanding dan kontrol hasil yang didapat dari perhitungan memakai *software*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan analisa struktur menggunakan *software* ETABS yaitu :

1. Menentukan data struktur seperti material, mutu dan dimensi profil baja yang dipakai pada *power house*.
2. Membuat grid dan pemodelan 3 dimensi struktur power house berdasarkan gambar denah yang dimulai dengan penggambaran elemen kolom, balok, *runway beam*, rafter, bracing, dll
3. Menginput jenis-jenis beban yang digunakan dan kombinasi pembebanan (untuk perhitungan beban-beban yang bekerja seperti beban mati, beban hidup, dan beban angin dilakukan secara manual kemudian di input ke dalam program ETABS)
4. Melakukan proses Analisa struktur (*running analysis*)
5. Mengecek hasil output berupa gaya-gaya dalam seperti momen, geser, normal dan stress rasio penampang terhadap gaya-gaya yang bekerja, berdasarkan hasil yang diperoleh dapat kita lihat apakah hasilnya aman atau tidak. Jika tidak aman, ganti dimensi profil elemen yang dipakai sebelumnya dengan dimensi profil yang baru, kemudian lakukan analisa ulang sampai hasil yang diperoleh aman.
6. Untuk memastikan hasil pada ETABS bisa digunakan maka dilakukan pengecekan kapasitas struktur dengan menggunakan perhitungan secara manual (menggunakan microsoft excel) sebagai kontrol, gunakan nilai momen hasil

analisis ETABS untuk di input kedalam perhitungan manual, kemudian hitung kapasitas masing-masing elemen (kolom, balok, rafter, runway beam, dll)

7. Cek lendutan yang terjadi pada software dan bandingkan dengan perhitungan manual sebagai kontrol, apakah hasilnya sama-sama memenuhi syarat atau tidak.
8. Cek gaya yang terjadi pada sambungan antara kolom dengan kolom braket berdasarkan hasil ETABS, kemudian gunakan gaya tersebut untuk menghitung kondisi sambungan (*joint*), apakah aman atau tidak.