

# **SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS ( UPPER STRUCTURE )  
TERMINAL KEDATANGAN PADA BANDAR UDARA  
ABDULRACHMAN SALEH MALANG JAWA TIMUR DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR RUANG ( *SPACE TRUSS* )**



**Disusun oleh :**

**TOTO PRASETIYO**

**NIM : 12.21.036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
M A L A N G  
2016**

**“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS (*UPPER STRUCTURE*)  
TERMINAL KEDATANGAN PADA BANDAR UDARA  
ABDULRACHMAN SALEH MALANG JAWA TIMUR DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)”**, Oleh : Toto  
Prasetyo (Nim : 12.21.036), Pembimbing I : Ir. Ester Priskasari, M.T..  
Pembimbing II : Ir. Bambang Wedyantadji, M.T. Program Studi Teknik Sipil S-1,  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

## **ABSTRAKSI**

Era globalisasi dalam perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan sangat berpengaruh terhadap segala aspek kehidupan, salah satunya terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang teknik sipil. Perkembangan ini tentunya akan berdampak positif seperti adanya program bantu teknik sipil sehingga dapat mempermudah dan mempercepat kerja manusia dalam menganalisa struktur yang rumit.

Space truss merupakan sistem struktural rangka tiga dimensi yang terdiri dari batang-batang yang saling menyambung dan tidak menerima gaya momen dan torsi sehingga gaya yang terjadi hanya gaya aksial. Sistem sambungan pada space Truss merupakan sistem sambungan tunggal salah satunya adalah mero sistem. Dalam kajian ini menggunakan data perencanaan Terminal Kedatangan pada bandar udara Abdulrachman Saleh Malang, dengan bentang 60.00 m, tinggi 14.00 m dan panjang 38.00 m, terdiri dari 2 lantai dan struktur menggunakan profil baja pipa. Perencanaan struktur di sesuaikan dengan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1729-2015 dengan metode LRFD. Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu StaadPro V8i 2007.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan, struktur menggunakan profil baja pipa  $\varnothing$  60.30 mm,  $\varnothing$  73.00 mm, dan  $\varnothing$  88.90 mm. Connection menggunakan connection mero sistem dengan dimensi sambungan yang digunakan : panjang conus 50,00 mm dan 70,00 mm, untuk tebal conus disesuaikan dengan tebal pipa yaitu tebal 3.91 mm, 5.16 mm, dan 5.49 mm, Hexsagon yang digunakan  $H_{25 \times 17 - 11}$ ,  $H_{30 \times 19 - 13}$  dan  $H_{40 \times 22 - 17}$ , dimensi baut menggunakan type M10, M16 dan M24, dengan ball joint yang digunakan type N.90 dan N.110. Untuk sambungan las pada base plate digunakan panjang las 112.305 mm dan  $t_e = 5.145$  mm. Base pelate menggunakan ukuran 400,00 mm x 400,00 mm dengan ketebalan 12,00 mm dan jumlah angkur 4 berdiameter 16,00 mm

**Kata Kunci :** *Terminal Kedatangan, Space truss, Mero sistem, Profil Baja Pipa, LRFD*

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu, yang berjudul “ **STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS (UPPER STRUCTURE) TERMINAL KEDATANGAN PADA BANDAR UDARA ABDULRACHMAN SALEH MALANG JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)**”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada bapak **Ir. Ester Priskasari, MT. dan Ir. Bambang Wedyantadji, MT** selaku dosen pembimbing Skripsi dan tak lupa juga pada kesempatan ini penyusun ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Rektor Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajaranya
2. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajaranya.
3. Ketua Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajaranya.
4. Seluruh Civitas Akademika Institut Teknologi Nasional Malang dan semua pihak yang telah membantu dan mendukung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan baik dan tepat waktu.

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penyusun harapkan, akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 4 September 2016

Penyusun,

**Toto Prasetiyo**

NIM. 12.21.036

# DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan Skripsi	
Lembar Pengesahan Skripsi	
Lembar Keaslian Skripsi	
Abstraksi .....	i
Kata Pengantar .....	ii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Notasi .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Ruang Lingkup Pembahasan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Umum .....	7
2.2 Pengertian Sistem Rangka ( Space Frame ).....	8
2.2.1 Analisa Struktur Rangka Ruang .....	9
2.2.2 Pembebanan Struktur .....	9

2.2.3	Beban Mati.....	9
2.2.4	Beban Hidup .....	10
2.2.5	Beban Air Hujan .....	13
2.2.6	Beban Angin .....	14
2.2.7	Beban Gempa.....	22
2.2.8	Kombinasi Pembebanan .....	22
2.3	Ketentuan Umum .....	24
2.3.1	Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban Dan Ketahanan..	24
2.3.2	Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin .....	24
2.3.3	Desain Ketebalan Dinding Desain PSB.....	25
2.3.4	Persyaratan Desain ( Luas Area Efektif ) .....	25
2.4	Desain Batang .....	27
2.4.1	Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik.....	27
2.4.2	Desain Kekuatan Tarik .....	27
2.4.3	Desain Kekuatan Tekan .....	29
2.5	Sambungan Mero Sistem.....	32
2.5.1	Umum .....	32
2.5.2	Conus dan Tebal Conus .....	36
2.5.3	Hexagon .....	37
2.5.4	Diameter, Tebal Dan Panjang Baut .....	38
2.5.5	Bola Baja ( Ball Joint ) .....	42
2.6	Sambungan Las .....	45
2.6.1	Luas Efektif.....	45

2.6.2	Pembatasan .....	45
2.6.3	Kekuatan Sambungan Las.....	49
2.7	Base Plate .....	53
2.7.1	Pembagian Kategori.....	53
2.7.2	Perhitungan Angkur .....	58
2.8	Bagan Alir .....	59

### **BAB III PERENCANAAN STRUKTUR**

3.1	Pengumpulan Data .....	60
3.1.1	Data – Data Perencanaan .....	60
3.1.2	Data Informasi Studi .....	61
3.2	Perencanaan Pembebanan .....	62
3.2.1	Beban Mati.....	64
3.2.2	Beban Hidup .....	65
3.2.3	Beban Air Hujan .....	67
3.2.4	Beban Angin .....	68
3.2.5	Beban Kombinasi.....	75
3.2.6	Analisa Gording .....	77
3.2.7	Pembebanan Pada Joint.....	86
3.3	Perencanaan Batang Pipa ( Member ).....	93
3.3.1	Perencanaan Spesifikasi Baja Pipa .....	93
3.3.2	Hasil Analisa Statika.....	94
3.4	Desain komponen Struktur .....	96
3.4.1	Desain Komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.15.....	96

3.4.2. Desain komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.15 .....	97
3.4.3. Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.25 .....	100
3.4.4. Desain Komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.25 .....	101
3.4.5. Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.30 .....	104
3.4.6 Desain komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.30.....	106
3.4.7 Kontrol Dimensi Batang .....	109

## **BAB IV ANALISA SAMBUNGAN**

4.1 Analisa Sambungan Mero Sistem .....	110
4.1.1 Perencanaan Hexagon .....	110
4.1.2 Perencanaan Conus.....	115
4.1.3 Perencanaan Baut .....	120
4.1.4 Perencanaan Ball Joint .....	124
4.1.5 Perencanaan Sambungan Mero Sistem .....	129
4.2 Analisa Perletakan Gording .....	130
4.3 Analisa Sambungan Gording Menerus .....	136
4.4 Analisa Base Plate.....	145
4.4.1 Perencanaan Penyangga Ball Joint.....	146
4.4.2 Perencanaan Base Pelate .....	151



## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	163
5.2 Saran.....	165

## **DAFTAR PUSTAKA**

## ***LAMPIRAN***

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan akan infrastruktur di Indonesia berkembang dengan pesat dan kini dihadapkan pada persaingan yang tajam di era globalisasi. Kelengkapan sarana dan prasarana pada berbagai bidang merupakan suatu syarat penting yang harus ada. Penyediaan sarana yang dimaksud disini ialah penyediaan kelengkapan sarana publik guna Kelancaran pelaksanaan keselamatan penerbangan di Bandar Udara Abdulrachman Saleh yang tergantung pada kesesuaian dan terpenuhinya fasilitas yang dibutuhkan oleh operasional bandara tersebut. Fasilitas tersebut antara lain Air Traffic Control, Apron, Terminal Penumpang dan Hanggar.

Terminal penumpang bandara merupakan aspek yang sangat penting dalam system manajemen Bandar udara, arus kedatangan dan arus keberangkatan merupakan hal pokok yang harus dipertimbangkan. Pusat kegiatan publik terminal penumpang mulai dari check in, boarding pass, dan penggunaan garbarata untuk penumpang yang terhubung dengan terminal serta area pengambilan bagasi merupakan berbagai macam fasilitas penunjang yang terdapat pada terminal penumpang. Semua fasilitas membutuhkan area yang cukup untuk menunjang keamanan dan kenyamanan penumpang dan tidak hanya itu Perkembangan ilmu konstruksi yang semakin pesat dalam merencanakan pengembangan terminal penumpang menghasilkan desain dan jenis struktur yang berbeda, sehingga memberikan alternatif pilihan. Alternatif pilihan menjadi salah satu tantangan bagi

perencanaan dan tenaga ahli untuk merencanakan suatu konstruksi yang mempunyai kendala tinggi, dalam arti konsep desain dan kemampuan struktur untuk menahan dan mendistribusikan beban secara proposional sehingga diperoleh suatu konstruksi yang aman, bernilai estetika dan ekonomis.

Desain Terminal Penumpang membutuhkan area yang cukup luas serta mengikuti kebutuhan yang telah disesuaikan. Untuk struktur rangka atap banyak perubahan dari penggunaan kayu hingga baja. Pada terminal Penumpang bandar udara Abdulrahman Saleh dibangun dengan menggunakan material dasar bangunan pada struktur bawah yaitu beton dan pada rangka atap menggunakan baja. Baja yang digunakan adalah baja pipa dengan menggunakan sambungan las. Bentang terminal penumpang berdasarkan masterplan mencapai 60 meter dan lebar 38 meter, ini membuat design struktur atap harus di design dengan menggunakan struktur bentang lebar.

Ada beberapa jenis struktur bentang lebar yang bisa digunakan menjadi pilihan dalam merencanakan struktur bentang lebar antara lain : Struktur Rangka Batang dan Rangka Ruang, Struktur Funicular (kabel dan pelengkung), Struktur Plan dan Grid, struktur membran yang meliputi Pneumatik dan struktur tent (tenda) dan Net (Jaring), serta struktur Cangkang. (Schodek 1998).

Atas dasar latar belakang tersebut penulis akan mendesain struktur atas bangunan terminal bandar udara tersebut menggunakan struktur ruang ( Space Truss/Frame ) yang mana space truss merupakan struktur rangka tiga dimensi yang dibentuk dari struss dalam geometrik pola. Space Truss digunakan untuk konstruksi yang bentang besar dengan mendukung beberapa interior. Space truss

memiliki beberapa kelebihan diantaranya : Beban akibat berat struktur sendiri kecil karena terbuat dari pipa galvanis atau aluminium, elemen-elemen strukturnya merupakan produk pabrik.

Oleh Karena Itu dalam penulisan Skripsi ini, penulis mencoba untuk merencanakan Struktur atas Terminal Kedatangan pada bandar udara Abdurahachman Saleh Malang dengan judul “ STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS (UPPER STRUCTURE) TERMINAL KEDATANGAN PADA BANDAR UDARA ABDULRACHMAN SALEH MALANG JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG ( *SPACE TRUSS* ) ”

## **I.2 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan Latar Belakang yang telah didapatkan di atas maka bisa diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

- 1) Berapakah dimensi baja pipa pada Terminal Kedatangan dengan menggunakan Struktur Ruang (*Space Truss*) ?
- 2) Berapakah Dimensi dari Conus, Hexagon (*Hexnut*), Baut dan Ball Joint yang digunakan dalam sambungan Mero Sistem ?
- 3) Berapakah tebal dan panjang sambungan las yang digunakan pada struktur atas Terminal Kedatangan bandar udara Abdurachman Saleh Malang?
- 4) Berapakah dimensi Base Plate dan jumlah angkur yang aman digunakan dalam mendesain Struktur Atas Terminal Kedatangan bandar udara Abdurachman Saleh Malang?

### **I.3 TUJUAN PENULISAN**

Tujuan dilakukanya mendesain pembangunan Struktur Atap Terminal kedatangan pada bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang Jawa Timur adalah sebagai berikut :

- 1) Mengetahui dimensi baja pipa yang aman di gunakan dalam struktur atas (*Upper Structure*) Terminal Kedatangan Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang setelah menggunakan Struktur Ruang (*Space Truss*)
- 2) Mengetahui dimensi dari Conus, Hexagon (*Hexnut*), Baut dan Ball Joint yang aman digunakan dalam sambungan Mero Sistem pada Struktur ruang Terminal Kedatangan bandara udara Abdulrachman Saleh Malang.
- 3) Mengetahui ketebalan dan panjang sambungan las yang aman digunakan dalam perencanaan struktur atas Terminal Kedatangan bandar udara Abdulrachman Saleh Malang.
- 4) Mengetahui dimensi Base Pelate dan jumlah angkur yang aman digunakan dalam mendesain struktur Atas Terminal Kedatangan bandar udara Abdulrachman Saleh Malang.

#### **I.4 MANFAAT**

Beberapa manfaat yang diharapkan oleh penyusun dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa / Peneliti

Menambah pengetahuan, pengalaman serta memperdalam ilmu ketekniksipilan bagi penyusun dalam merencanakan struktur bentang lebar dengan menggunakan struktur Ruang (*Space Truss*)

2. Bagi Akademisi / Instansi

Memberikan perancangan yang dapat dipergunakan dalam perencanaan struktur atas pada pembangunan Terminal Kedatangan bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang.

3. Bagi Masyarakat / Umum

Memberikan masukan kepada masyarakat mengenai struktur ruang (*space Truss*) atau rangka ruang dan dapat dijadikan alternatif dalam merencanakan suatu konstruksi yang memiliki nilai estetika yang tinggi.

#### **I.5 RUANG LINGKUP PEMBAHASAN**

Terminal Kedatangan bandar udara ( gedung ) merupakan objek primer yang harus direncanakan secara optimal dalam pengembangan. Mengingat pada dasarnya struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan atas ( Upper Structure ) dan bangunan bawah ( Sub Structure ), maka penulis membatasi pembahasan pada struktur atas yang meliputi :

1. Struktur yang digunakan dalam mendesain yaitu menggunakan struktur ruang ( Space Truss ) dengan baja pipa.
2. Perencanaan hanya pada struktur atas ( Sambungan mero ) yaitu : conus, hexagon ( hexnut ) ball joint dan baut.
3. Perencanaan tebal dan panjang sambungan las pada sambungan struktur ruang ( Space Truss ).
4. Perencanaan Base Plate dan jumlah angkur pada sambungan struktur atas

Sedangkan dalam penyusunan skripsi, penulis menggunakan metode LRFD yang berpedoman kepada peraturan - peraturan yang ada di Indonesia dan Aplikasi program bantu, Yaitu :

1. SNI 1727-2015 *“Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”*
2. SNI 03-7046-2004 tentang *“ terminal penumpang bandar udara “*
3. SNI 1729-2015 *“Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”*
4. Perhitungan analisa statika menggunakan Program bantu structural analysi and design ( StaadPro. V81/2007 ) atau integrated building design software ( SAP 2000 )

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Studi Pustaka merupakan sebuah hal yang penting dalam penyusunan sebuah tugas akhir, karena studi pustaka merupakan langkah dasar dalam penulisan tugas akhir tersebut.

##### **2.1.1 Terminal Penumpang Bandara**

Terminal Penumpang adalah prasarana transportasi jalan untuk keperluan menaikkan dan menurunkan penumpang, perpindahan intra dan/atau antar moda transportasi serta pengaturan kedatangan dan pemberangkatan kendaraan umum. Di terminal, penumpang membeli tiket, menitipkan bagasinya, dan diperiksa pihak keamanan. Bangunan yang menyediakan akses ke pesawat (melalui gerbang) disebut '*concourse*'. Tetapi, sebutan "terminal" dan "concourse" kadang-kadang digunakan berganti-ganti, tergantung konfigurasi bandara.

Bagian dari aeroderom difungsikan untuk memenuhi berbagai keperluan penumpang dan barang, mulai dari tempat pelaporan ticket, imigrasi, penjualan ticket, ruang tunggu, cafetaria, penjualan souvenir, informasi, komunikasi, dan sebagainya.

Dalam pembahasan skripsi ini penulis membahas terkait pembangunan fasilitas bandar udara yaitu pembangunan fasilitas tempat kedatangan penumpang ( Terminal Penumpang ).

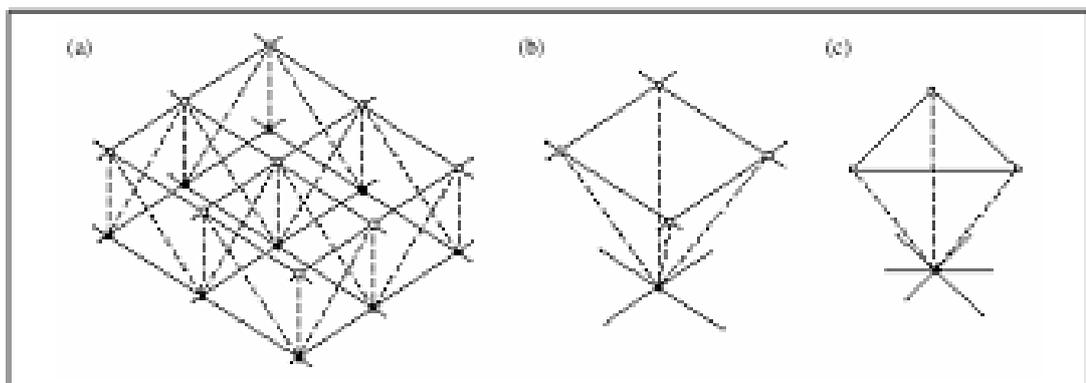


## 2.2 Pengertian Sistem Rangka ( *Space Frame* )

Sistem rangka ruang adalah suatu sistem konstruksi rangka ruang dengan suatu sistem sambungan antara batang / member satu sama lain yang menggunakan bola / ball joint sebagai sendi penyambungan dalam bentuk modul-modul segitiga. Space Frame ini juga merupakan media desain seperti bentuk pyramid, dome dan lainnya, terutama untuk bentangan besar yang memerlukan ruang bebas kolom seperti untuk bangunan hangar, stadion, pabrik dan skylight.

Space frame terdiri dari susunan tiga dimensi dari batang-batang lurus. Batang-batang space frame bisa kaku atau dihubungkan dengan sendi, atau dapat pula berupa gabungan antara keduanya. Elemen dasar pembentuk struktur rangka ini adalah:

1. Rangka batang bidang
2. Piramid dengan dasar segiempat membentuk oktahedron
3. Piramid dengan dasar segitiga membentuk tetrahedron



Gambar 2.1. Elemen Dasar Pembentuk Sistem Rangka Ruang

### **2.2.1 Analisis Struktur Rangka Ruang**

Space Truss terdiri dari batang aksial, yang biasa digunakan adalah tube, yang lebih dikenal dengan *circular hollow sections* atau *rectangular hollow sections*, dan sambungan yang menyambung semua anggota batang. Anggota struktural batang lainnya seperti WF, juga bisa digunakan, terutama jika beban yang didistribusikan ke noda menyebabkan *bending* pada batang aksial.

Beberapa faktor yang akan diuraikan berikut merupakan tinjauan desain pada struktur rangka ruang. Faktor---faktor itu antara lain :

1. Gaya-gaya elemen struktur Gambar 2 berikut ini mengilustrasikan gaya-gaya elemen yang terjadi pada struktur rangka ruang
2. Desain batang dan bentuk

### **2.2.2 Pembebanan Struktur**

Pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan terdiri dari beban mati (berat sendiri space Struss dan beban mati tambahan), beban hidup (pekerja, air hujan dan beban hidup lainnya), beban angin dan beban gempa. Beban – beban yang bekerja secara detail dijabarkan sebagai berikut :

### **2.2.3 Beban Mati**

Menurut (*SNI 1727-2013 Pasal 3*), Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural lainnya serta peralatan lain termasuk berat keran.

Beban mati yang bekerja pada struktur atap bangunan ini berupa beban yang berasal dari berat sendiri elemen struktur dan beban mati tambahan antara lain adalah sebagai berikut :

- Berat Penutup Atap
- Berat Gording
- Berat Struktur Rangka Baja
- Berat Ball Joint, Conus, Hexagon (Hexnut), dan Baut
- Berat Mecanical dan electrical

#### **2.2.4 Beban Hidup**

Menurut (*SNI 1727-2013 Pasal 4*), Beban hidup adalah beban yang di akibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. Beban hidup atap adalah beban pada atap yang diakibatkan oleh :

- a. Pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan dan material
- b. Selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghuni.

Beban hidup yang diperlukan/digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 4-1 (*SNI 1727-2013*).

Lantai, atap, dan permukaan sejenisnya harus dirancang untuk mendukung dengan aman beban hidup terdistribusi merata yang ditentukan dalam Pasal 4.3 (*SNI 1727-2013*) atau beban terpusat, dalam pound (*lb*) atau kilonewton (*kN*) yang tercantum dalam Tabel 4-1 (*SNI 1727-2013*), dipilih yang menghasilkan efek beban terbesar. Kecuali ditentukan lain, beban terpusat yang ditunjukkan harus diasumsikan bekerja merata pada daerah seluas (762 mm) persegi x (762 mm) dan harus di tempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan efek beban maksimum dalam komponen struktur.

Menurut (*SNI 1727-2013 Pasal 4.8*), Atap datar, berbubung, dan atap lengkung. Dimana atap datar biasa, berbubung, dan atap lengkung, dan awning, dan kanopi, selain dari konstruksi atap pabrikasi yang ditumpu oleh suatu struktur rangka, diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup atap yang direduksi, sebagaimana ditentukan dalam Persamaan 2.2.1-1 (*Beban hidup atap yang di distribusi sesuai dengan Tabel 4-1 SNI 1727-2013*) atau kombinasi beban lain yang menentukan, seperti dijelaskan dalam Pasal 2, dipilih yang menghasilkan beban terbesar. Dalam struktur seperti rumah kaca, dimana acuan perancah khusus digunakan sebagai permukaan untuk pekerja dan material selama pemeliharaan dan pelaksanaan perbaikan, tidak boleh digunakan beban atap yang lebih rendah dari yang ditentukan dalam Persamaan 4.8-1 kecuali disetujui oleh lembaga yang berwenang. Pada struktur semacam ini, beban hidup atap minimum harus diambil sebesar ( $0,58 \text{ kN/m}^2$ ).

Dalam SI

$$L_r = L_0 \cdot R_1 \cdot R_2 \text{ dimana } 0.58 \leq L_r \leq 0.96 \dots\dots\dots(2.2.2-2)$$

Dimana :

$L_r$  = Beban hidup atap tereduksi per ( $m^2$ ) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur.

$L_0$  = Beban hidup atap desain tanpa reduksi per ( $m^2$ ) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur (*Lihat Tabel 4-1 SNI 1727-2013*).

Faktor reduksi  $R_1$  dan  $R_2$  harus di tentukan sebagai berikut.

$$\begin{array}{ll} 1 & \text{Untuk } A_T \leq 18.58 \text{ m}^2 \\ R_1 = 1.2 - 0.001 A_T & \text{Untuk } 18.58 \text{ m}^2 < A_T < 55.74 \text{ m}^2 \\ 0.6 & \text{Untuk } A_T \geq 55.74 \text{ m}^2 \end{array}$$

Dalam SI

$$\begin{array}{ll} 1 & \text{Untuk } F \leq 4 \\ R_1 = 1.2 - 0.005 F & \text{Untuk } 4 < F < 12 \\ 0.6 & \text{Untuk } F \geq 12 \end{array}$$

Dimana :

$A_T$  = Luas tributari dalam ( $m^2$ ) yang didukung oleh setiap komponen struktural dan

$$\begin{array}{ll} 1 & \text{Untuk } F \leq 4 \\ R_2 = 1.2 - 0.005 F & \text{Untuk } 4 < F < 12 \\ 0.6 & \text{Untuk } F \geq 12 \end{array}$$

Untuk atap berbubung,  $F$  = jumlah peninggian dalam inci per foot (dalam SI:  $F = 0,12 \times$  kemiringan (*slope*), dengan kemiringan dinyatakan dalam

persentase), dan untuk atap lengkung atau kubah,  $F$  = rasio tinggi terhadap bentang dikalikan dengan 32.

### 2.2.5 Beban Air Hujan

Menurut SNI 1727-2013, Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup di tambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$R = 0.0098 \times (ds + dh) \dots\dots\dots(2.2.3-1)$$

Dimana :

$R$  = Beban Air hujan pada atap yang tidak melendut , dalam ( $\text{kN/m}^2$ ). Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

$ds$  = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. ( $mm$ )

$dh$  = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik) dalam in. ( $mm$ )

## 2.2.6 Beban angin

- **Menentukan Kategori Risiko**

Faktor kategori risiko mempengaruhi besar kecilnya kategori yang di gunakan, sehingga untuk menentukan katego-ro risiko suatu bangunan dapat di tentukan pada tabel di bawah ini :

***Tabel 2.1. Kategori Risiko Bangunan Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa Dan Es***

<b>Penggunaan Atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung Dan Struktur</b>	<b>Kategori Risiko</b>
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.  Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.  Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau	III

<p>membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.</p>	
<p>Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis<sup>a</sup>.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p> <p style="text-align: center;"><i>Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 1.5-1</i></p>	<p>IV</p>



- **Menentukan Kecepatan angin dasar**

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem penahan beban angin utama (SPBAU). Kecepatan angin dasar,  $V$  adalah kecepatan tiupan angin dalam tiga detik pada ketinggian (10 m) di atas tanah pada eksposur C (*Pasal 26.7.3 SNI 1727-2013*) yang ditentukan sesuai dengan pasal 26.5.1 SNI 1727-2013. Angin harus diasumsikan datang dari segala arah horizontal. Kecepatan angin dasar harus di perbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih tinggi dari pada yang ditentukan.

- **Faktor arah angin**

Faktor arah angin  $K_d$ , harus di tentukan dari tabel 26.6-1 (*SNI 1727-2013*) faktor ini hanya akan di masukkan dalam menentukan beban angin bila kombinasi bebanya yang disyaratkan digunakan untuk mendesain. Sehingga untuk besarnya faktor arah angin pada atap lengkung adalah  $K_d$  0.85 dapat di tentukan berdasarkan tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Faktor Arah Angin,  $K_d$**

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d^*$
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber : SNI 1729-2013 Tabel 26.6-1

- **Kategori Eksposur**

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekerasan permukaan tanah yang di tentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas di bangunan. lokasi dari bangunan merupakan faktor untuk menentukan kategori eksposur, karena lokasi bangunan merupakan di daerah perkotaan maka kategori yang di gunakan adalah kategori B.

Kategori kekasaran permukaan pada eksposur B berlaku pada daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat yang banyak memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar.

- **Faktor Topografi**

Efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam topografi umum, terletak dalam setiap kategori eksposur, harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin bila kondisi bangunan gedung dan kondisi lokasi dan lokasi struktur memenuhi kondisi pada pasal 26.8.1 (SNI 1727-2013).

Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor  $K_{zt}$

$$K_{zt} = (1+K_1.K_2.K_3)^2 \dots\dots\dots(2.2.4-1)$$

Dimana :  $K_1, K_2, K_3$  di tentukan pada Gambar 26.8-1 (SNI 1727-2013)

- **Faktor Efek Tiupan Angin**

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0.85.

- **Klasifikasi Ketertutupan**

Untuk menentukan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian, atau terbuka.

- **Koefisien tekanan internal**

Koefisien tekanan Internal, ( $GC_{pi}$ ), harus ditentukan dari Tabel 2.3 berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung. Namun Untuk bangunan tertutup sebagian yang memiliki sebuah ruangan besar tanpa sekat, koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ ), harus dikalikan dengan faktor reduksi,  $R_i$  berikut ini :

$$R_i = 0.5 \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{22.800 \cdot A_{og}}}} \right) < 1.0 \dots \dots \dots (2.2.4-2)$$

Dimana :  $A_{og}$  = Luas total bukaan pada amplop bangunan gedung  
(dinding- dinding dan atap, dalam ft<sup>2</sup>)

$V_i$  = Volume Internal ruang tanpa partisi, dalam ft<sup>3</sup>

**Tabel 2.3. Koefisien Tekanan Internal, ( $GC_{pi}$ )**

Klasifikasi Ketertutupan	( $GC_{pi}$ )
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 26.11-1

- **Tekanan Velositas**

Berdasarkan kategori eksposur yang ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas  $K_z$  atau  $K_h$ , sebagaimana yang berlaku, harus ditentukan dari Tabel 2.4 di bawah ini.

**Tabel 2.4. Koefisien Eksposur tekan Velositas,  $K_h$  dan  $K_z$**

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	0-4.6	0.57	0.85	1.03
20	6.1	0.62	0.90	1.08
25	7.6	0.66	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55
180	54.9	1.17	1.43	1.58
200	61.0	1.20	1.46	1.61
250	76.2	1.28	1.53	1.68
300	91.4	1.35	1.59	1.73
350	106.7	1.41	1.64	1.78
400	121.9	1.47	1.69	1.82
450	137.2	1.52	1.73	1.86
500	152.4	1.56	1.77	1.89

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1

Tekanan Velositas,  $q_z$ , di evaluasi pada ketinggian  $Z$  harus di hitung dengan persamaan berikut :

$$[\text{Dalam SI } q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{); V dalam m/s}] \dots\dots\dots(2.2.4-3)$$

Dimana :

$K_d$  = Faktor Arah angin

$K_z$  = Koefisien Eksposur tekanan velositas

$K_{zt}$  = Faktor topografi tertentu

$V$  = Kecepatan angin dasar

$Q_z$  = Tekanan velositas di hitung dengan persamaan (2.2.4-3) pada ketinggian  $z$

$Q_h$  = Tekanan velositas di hitung menggunakan persamaan (2.2.4-3) pada ketinggian atap rata-rata  $h$

- **Beban angin**

Tekanan angin desain untuk Sistem penahan beban angin utama (*SPBAU*) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = q \cdot G \cdot C_p - q_i \cdot (G \cdot C_{pi}) \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.2.4-4)$$

Dimana :

$q$  =  $q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah

$q$  =  $q_h$  untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian  $h$

$q_i$  =  $q_h$  untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i$  =  $q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan

tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impact atau dilindungi dengan penutup tahan impact, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$  secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian ( $q_i = q_h$ )

$G$  = Faktor efek-tiupan angin, lihat Pasal 26.9 (SNI 1727-2013) dapat diambil (0.85)

$C_p$  = Koefisien tekanan eksternal dari Gambar 27.4-1, 27.4-2 dan 27.4-3 (SNI 1727-2013)

( $G C_{pi}$ ) = Koefisien tekanan internal dari Tabel 26.11-1 (SNI 1727-2013)

### 2.2.7 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727-2013 Pasal 2.3, struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut :

- $1.4D$
- $1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1.2D + 1.6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L_r \text{ atau } 0.5W)$
- $1.2D + 1.0W + L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1.2D \pm 1.0E + L + 0.2S$
- $0.9D \pm 1.0W$

Dimana :

$D$  = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafond, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap

$L$  = Beban hidup yang di timbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain – lain. Faktor beban untuk  $L$  harus sama dengan 1.0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum dan semua daerah yang memikul beban hidup lebih besar dari 5.0 kPa

$L_r$  = Beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

$H$  = Beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah atau tekanan dari material dalam jumlah besar.

$W$  = Beban angin

$E$  = Beban gempa

$S$  = Beban Salju

$R$  = Beban Hujan

## 2.3 Ketentuan Umum

### 2.3.1 Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK. Semua ketentuan Spesifikasi ini, kecuali untuk Pasal B3.4 (*SNI 1729-2015*) ini, harus digunakan.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \dots\dots\dots(2.3.1-1)$$

Dimana :

$R_u$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

$R_n$  = Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K (*SNI 1729-2015*)

$\Phi$  = Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K (*SNI 1729-2015*)

$\Phi R_n$  = Kekuatan desain

### 2.3.2 Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin

Desain yang sesuai dengan ketentuan Desain Kekuatan Izin (DKI) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan izin dari setiap komponen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DKI. Semua ketentuan spesifikasi ini, kecuali Pasal B3.3 SNI (*1729-2015*), harus digunakan.

$$R_a \leq \Phi \cdot R_n / \Omega \dots\dots\dots(2.3.2-1)$$



Dimana :

$R_a$  = Kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI

$R_n$  = Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K (*SNI 1729-2015*)

$\Omega$  = Faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K (*SNI 1729-2015*)

$R_n/\Omega$  = Kekuatan izin

### 2.3.3 Desain Ketebalan Dinding Desain PSB

Dalam (*SNI 1729-2015 Pasal B4*) Desain Ketebalan dinding desain  $t$ , harus digunakan dalam perhitungan yang melibatkan ketebalan dinding Profil Struktur Berongga (PSB). Ketebalan dinding desain,  $t$ , harus diambil sama dengan 0.93 kali ketebalan dinding nominal untuk PSB Elektrik-resistant-Welded (ERW) dan sama dengan ketebalan nominal untuk PSB Submerged-Arc-Welded (SAW).

Sebuah pipa dapat dirancang menggunakan ketentuan dari spesifikasi untuk profil PSB bulat selama pipa tersebut sesuai dengan ASTM A53 kelas B dan pembatasan sesuai dari spesifikasi digunakan. ASTM A500 PSB dan ASTM A53 pipa mutu B yang diproduksi melalui proses sebuah ERW. Suatu proses SAW digunakan untuk penampang melintang yang lebih besar dari yang diizinkan oleh ASTM A500.

### 2.3.4 Persyaratan Desain (Luas Area Efektif)

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal D3*) Luas neto efektif dari komponen struktur tarik harus ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = A_n \times U \dots\dots\dots(2.3.4-1)$$

Dimana  $\underline{U}$  adalah faktor Shear lag.

Faktor Shear lag dapat di tentukan sebagai berikut :

- a. Untuk semua komponen struktur tarik di salurkan secara langsung kesetiap dari elemen profil melintang melalui sarana sambungan las,  $A = A_g$ , di mana adalah luas area total dengan faktor Shear lag  $U = 1.0$

$$I \geq 1.3 D \dots\dots\dots(2.3.4-2)$$

Diman :  $I$  adalah panjang sambungan, in. (mm)

- b. Untuk sambungan dengan pelat buhul,  $A = A_n$ , di mana  $A_n$  adalah luas area total dikurangi dengan luas area yang diganti dengan sambungan.

$D \leq I < 1.3 D$  maka Shear Lag ( $U$ ) yang di gunakan adalah

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \dots\dots\dots(2.3.4-3)$$

Pada persamaan di atas,  $x$  adalah jarak tegak lurus dari sambungan ke titik centroid dari luas area total. Untuk HSS yang berbentuk bulat.

$$\bar{X} = \frac{D}{\pi} \dots\dots\dots(2.3.4-4)$$

Di mana:

$L$  = Panjang sambungan dalam arah pembebanan (mm)

$D$  = Piameter terluar dari HSS bulat (mm)

$I$  = Panjang sambungan, (mm)

$\bar{X}$  = Eksentirsitas Sambungan, (mm)

## 2.4 Desain Batang

### 2.4.1 Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik

Tidak ada batasan kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangsingan  $L/r$  lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada batang atau gantungan dalam gaya tarik. (SNI 1729-2015 Pasal D).

### 2.4.2 Desain Kekuatan Tarik

Perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang lintang yang cukup untuk menahan beban yang diberikan. Batang tarik tanpa lubang akan mencapai kekuatan maksimum apabila semua serat penampang lintang batang meleleh, dengan kata lain distribusi tegangan tarik sudah merata pada penampang.

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal B4.3) desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \quad \dots\dots\dots(2.4.2-1)$$

Dimana :

$R_u$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

$R_n$  = Kekuatan nominal, di syatkan dalam Bab B sampai Bab K

$\Phi$  = Factor ketahanan, di syatkan dalam Bab B sampai Bab K

$\Phi R_n$  = Kekuatan desain

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal D2) Kekuatan tarik desain,  $\Phi_t P_n$ , dan Kekuatan tarik tersedia,  $P_n/\Omega_t$ , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

(a.) Menghitung tegangan leleh tarik pada penampang Bruto

$$P_n = F_y \times A_g \dots\dots\dots(2.4.2-2)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

(b.) Untuk keruntuhan Tarik (Putus) pada penampang Netto

$$P_n = F_u \times A_e \dots\dots\dots(2.4.2-3)$$

$$\Phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 2.00 \text{ (DKI)}$$

Dimana :

$A_e$  = Luas Neto Efektif, (mm<sup>2</sup>)

$A_g$  = Luas Bruto dari komponen Struktur, (mm<sup>2</sup>)

$F_y$  = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

$F_u$  = Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

$P_n$  = Tegangan nominal aksial, ksi (MPa)

***Luas Neto Efektif***

Luas bruto  $A_g$ , dan luas Neto,  $A_n$ , dari komponen struktur tarik harus di tentukan sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Pasal B4.3. dimana luas neto  $A_n$ , untuk PSB terslot yang di las pada pelat buhul, luas neto  $A_n$ , adalah luas bruto di kurangi hasil ketebalan dan lebar total material yang dihilangkan untuk membentuk slot tersebut, namun untuk komponen struktur tanpa lubang, luas neto tersebut,  $A_n$  adalah sama dengan luas bruto,  $A_g$ .

### 2.4.3 Desain Kekuatan Tekan

Batang tekan jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu pada titik simpul bersifat simetris, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai batang yang dibebani secara konsentris.

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal E1) Kekuatan tekan desain,  $\phi_c P_n$ , dan Kekuatan Tekan tersedia,  $P_n/\Omega_c$ , di tentukan sebagai berikut : Ketentuan tekan nominal,  $P_n$  harus nilai terendah yang di peroleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi-lentur.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \dots\dots\dots(2.4.3-1)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

Untuk kondisi tekan, penampang di klasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ . Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$  disebut penampang dengan elemen-langsing.

Untuk kondisi lentur, penampang di klasifikasikan sebagai penampang Kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_p$ . Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_p$ . Tetapi tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ , maka penampang tersebut di sebut nonkompak. Jika rasio tebal-

terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen langsing.

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen Tekan Komponen Struktur yang menahan Tekan Aksial untuk PSB Bulat:

- Rasio Ketebalan-Terhadap-Lebar D/t
- Batasan Rasio Tebal-terhadap-lebar =  $0.11 \times \frac{E}{F_y}$

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen tekan Komponen Struktur Menahan Lentur untuk PSB Bulat :

- Rasio Ketebalan-terhadap-lebar D/t
- $\lambda_p = 0.07 \times \frac{E}{F_y}$  .....(2.4.3-2)
- $\lambda_r = 0.31 \times \frac{E}{F_y}$  .....(2.4.3-3)

Dimana :

$E$  = Modulus elastisitas baja = (200.000 Mpa)

$F_y$  = Tegangan leleh minimum yang di syaratkan, (Mpa)

### Panjang Efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$(K.L)/r < 200 \text{ .....(2.4.3-4)}$$

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , harus nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-lentur yang sesuai.

$$P_n = A_g \times F_{cr} \text{ .....(2.4.3-5)}$$

Tegangan Kritis,  $F_{cr}$ , harus di tentukan sebagai berikut :

a. Bila  $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (atau  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$ )

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \dots \dots \dots (2.4.3-6)$$

b. Bila  $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (atau  $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$ )

$$F_{cr} = 0.877 \cdot F_e \dots \dots \dots (2.4.3-7)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \dots \dots \dots (2.4.3-8)$$

Dimana :

- $F_e$  = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)
- $A_g$  = Luas penampang bruto
- $K$  = Faktor panjang efektif
- $L$  = Panjang batang tekuk
- $r$  = Radius girasi atau jari – jari girasi

## **2.5 Sambungan Mero Sistem**

### **2.5.1 Umum**

Sambungan adalah bagian yang sangat penting dalam space Struss. Penggunaan sambungan yang sesuai adalah bagian yang sangat menentukan kesuksesan desain dan konstruksi. Berbagai macam tipe sambungan tergantung pada tipe sambungan, termasuk baut, las atau sambungan konektor mekanik yang khusus. Berbagai macam tipe sambungan telah dikembangkan, menghasilkan beberapa penemuan tentang berbagai macam sambungan yang sudah lama digunakan.

Sistem sambungan pada space Truss lebih penting dari pada beberapa tipe lain, dikarenakan batang yang disambung akan menjadi system sambungan tunggal. Lebih jauh lagi, members 6 yang terletak pada area 3 dimensi yang membuat transfer beban menjadi lebih kompleks.

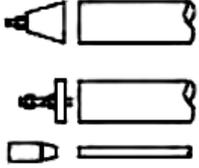
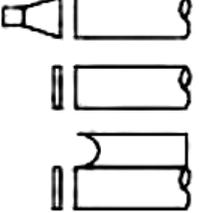
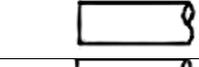
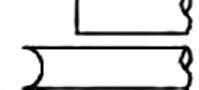
Berbagai macam tipe sambungan yang umum digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.5, Tabel 2.6, Tabel 2.7 dan Tabel 2.8. Secara umum, tipe sambungan dapat dibedakan menjadi 3:

- 1) Dengan noda
- 2) Tanpa noda
- 3) Sistem fabrikasi khusus



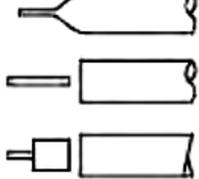
a) *Tipe sambungan bola*

**Tabel 2.5.A. Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda**

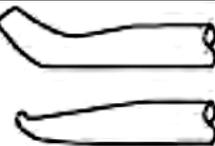
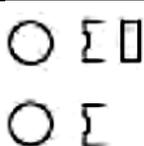
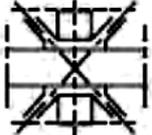
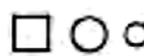
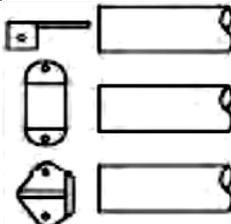
Node	Connector Member	Cross Section	Examples
Sphere	 Solid 	  	Mero KK, Germany : Montal, Germany; Uzay, Italy; Zublin, Germany Steve Baer, United States, Van tiel, netherlands, KT Space Truss, Lapan Mero MT, Germany
	 Hollow 	  	Spherobat, France NS Space Trusses, Japan; Tubal, Netherlands; Orbik, United Kingdom NS Space Trusses, Japan; Tubal, Netherlands; Orbik, United Kingdom
	 Hollow 		SDC, France
	 Hollow 	 	Oktapelatta, Germany WHSI, China
	 Hollow 		Vestrut, Italy

a) *Tipe Sambungan Silinder*

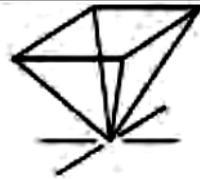
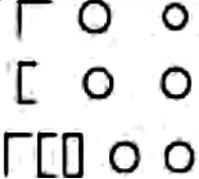
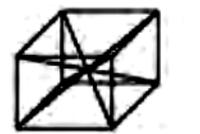
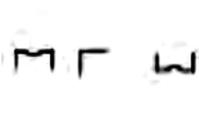
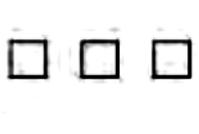
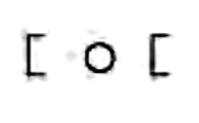
**Tabel 2.5.B. Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda**

Node	Connector Member	Cross Section	Examples
	 Solid 		Triodetic, Canada; Nameless, East Germany
	 Hollow 	  	Octatube Plus, Netherlands; Nameless, Singapore Pieter HuyBers, Netherlands Nameless System, United Kingdom

**Tabel 2.7. Tipe Sambungan Tanpa Noda**

Node	Connector Member		Cross Section	Examples
Form Of Member	Forming			Buckminster Fuller Nonadome, Netherlands
	Flattened and Bending			Radial, Australia Harley, Australia
	Pelate (S)			Mai Sky, United States
	Member end			Pieter Huybers, Netherlands Pierce, United States Buckminster Fuller

**Tabel 2.8 Sambungan Dengan Menggunakan Fabrikasi**

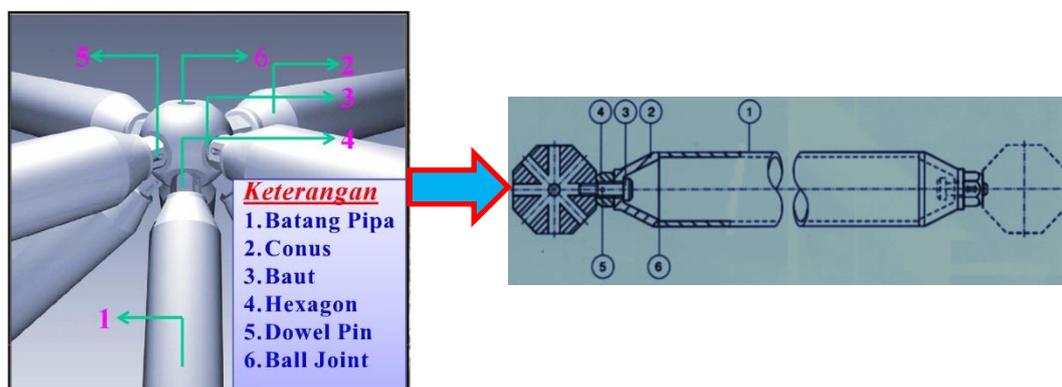
Node	Prefabricated Unit	Member Cross- Section top/bracing/balloom	Examples
Geometrical Solid			Space Deck, United Kingdom Mero DE, Germany Unistrut, France
			Nameless System Italy
2D Components			Ruter, Germany
			Nameless System, Italy

Sistem sambungan yang umum digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut :

**Tabel 2.9. Sistem Sambungan Yang Umum Digunakan**

Names	Germany	Periode Of Development	Material	Connecting Method
MERO	United Kingdom Canada	1940 - 1950	Steel Aluminium	Bolting
Space Deck Triodetic	United Kingdom Canada	1950 - 1960 1950 - 1960	Steel Aluminium Steel	Bolting Insert member ends into hub
Unistrut (moduspan)	United States	1950 - 1960	Steel	Bolting
Oktapelatte	Germany	1950 - 1960	Steel	Welding
Unibat	France	1950 - 1970	Steel	Bolting
Nodus	United Kingdom	1960 - 1970	Steel	Bolting and Using Pins
NS	Japan	1970 - 1980	Steel	Bolting

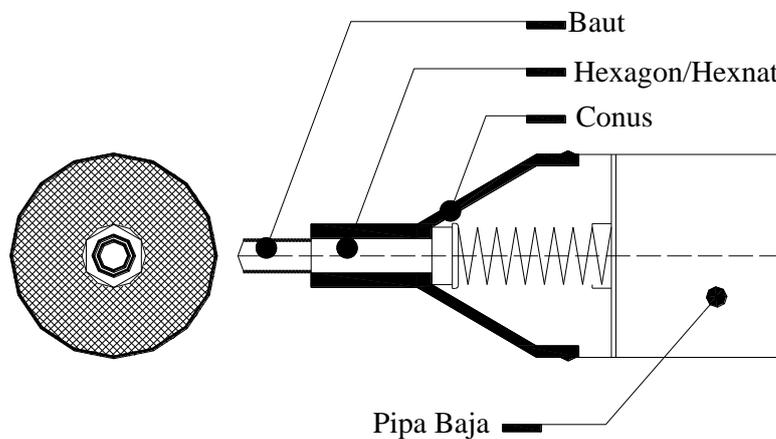
Di Indonesia perencanaan struktur rangka ruang masih sangat terbatas untuk profil bulat dan sambungan dengan Mero Sistem. Mengeringhausen (*Jerman, 1942*) menyebutkan bahwa Mero Sistem mempunyai dua elemen dasar sebuah batang dan bola penghubung yang mempunyai delapan belas lubang berulir. Mero sistem memiliki perangkat sambungan berupa Conus, Hexagon (*Hexnut*), baut dan bola baja.



**Gambar 2.3. Bagian -Bagian sambungan Mero Sistem**

## 2.5.2 Conus Dan Tebal Conus

Conus merupakan perangkat yang berfungsi menghubungkan batang pipa ke sistem sambungan yang menerima dan menyalurkan beban yang bekerja. Bentuk conus merupakan bentuk lingkaran dengan model tertentu yang diameternya sesuai dengan pipa yang dipakai. Melalui conus inilah beban atau gaya batang pada penampang lingkaran disalurkan keperangkat lain, yaitu Hexagon. Hubungan conus dengan pipa disambung dengan las.



**Gambar 2.4. Baut, Hexagon dan Conus**

Diameter terluar dari conus dapat diambil seperti rumus :

$$D_c = n \cdot t_3 \dots\dots\dots(2.5.2-1)$$

Dimana:

- $n$  = rasio perbandingan diameter conus dan diameter pipa Truss

Tebal dari conus dapat diambil dengan rumus sebagai Berikut :

$$t_{w_c} = \frac{P_{max}}{f_y} \dots\dots\dots(2.5.2-2)$$

Untuk mempermudah desain tebal conus, maka tebal conus digunakan sebagai kelipatan 0.1

### 2.5.3 Hexagon (Hexnut)

Hexagon bisa juga disebut Hexnut, merupakan perangkat bantu yang digunakan untuk memutar baut hingga masuk terikat ke bola baja. Selain itu juga untuk menyalurkan beban dan gaya, Hexnut berbentuk segi enam dengan tinggi tertentu .

Ukuran hexnut bermacam-macam sesuai dengan batang pipa yang disambung, tetapi tebalnya hampir sama yaitu antara 6-10 Cm, walaupun lebih tebal itu di perlukan karena keadaan konstruksi. Hexanut ini akan bekerja pada saat gaya aksial tekan, karena perangkat inilah yang menumpu langsung ke bola baja.

Dalam perencanaan kekuatan Hexagon di dasarkan pada luas penampang, karena selain sebagai pengunci hexagon berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya pada saat tekan. Pemilihan insert to node, conus insert dan hexagon lengh disesuaikan dengan dimensi baut dan dimensi batang yang digunakan. Untuk menganalisa dimensi hexagon maka dapat direncanakan dengan rumus sebagai berikut :

$$a = \left[ \frac{0,5 \times \text{Hex Hole}}{\cos 30} \right] \dots\dots\dots(2.5.3-1)$$

$$b = \left[ \frac{0,5 \times \text{Wrench}}{\cos 30} \right] \dots\dots\dots(2.5.3-2)$$

$$t = \left[ \frac{\text{Wrech} - \text{Hex Hole}}{2} \right] \dots\dots\dots(2.5.3-3)$$

$$A = 6 \times \left[ \frac{a+b}{2} \right] \times t \dots\dots\dots(2.5.3-4)$$

$$d = b + (\tan 30 \times 0.5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \dots\dots\dots(2.5.3-5)$$

Kapasitas tekan maksimum Hexagon :

$$P = \Phi.F_y \times A_g \dots\dots\dots(2.5.3-6)$$

Kontrol desain Hexagon (*Hexnut*)

$$P. Rencana > P. Maks. Tekan \dots\dots\dots(2.5.3-7)$$

Dimana :

$P$  = Gaya tekan batang

$W_r$  = Wrench (diambil dari tabel)

$H_l$  = Hexagon Hole (diambil dari tabel)

$A$  = Luas Bidang Tekan

#### **2.5.4 Diameter, Tebal dan Panjang Baut**

Penggunaan baut kekuatan tinggi harus menurut ketentuan spesifikasi untuk joint struktur yang menggunakan baut kekuatan-tinggi, selanjutnya diacu seperti Spesifikasi RCSC, yang disetujui oleh The Research Council on Structural Connection, kecuali disyaratkan lain dalam Spesifikasi ini. Baut kekuatan-tinggi dalam Spesifikasi ini dikelompokkan sesuai dengan kekuatan material sebagai berikut:

- Group A-ASTM A325, A325M, F1852, A354 Kelas BC, dan A449
- Group B-ASTM A490, A490M, F2280, dan A354 Kelas BD

Kondisi snug-tight yang didefinisikan sebagai kekencangan yang diperlukan untuk memberi lapisan tersambung ke kontak kuat/teguh. Baut yang dikencangkan pada suatu kondisi selain dari snug tight harus secara jelas diidentifikasi pada gambar desain. Semua baut kekuatan-tinggi yang

disyaratkan pada gambar desain yang digunakan dalam pra-tarik atau joint kritis-slip harus dikencangkan dengan suatu ketegangan baut tidak kurang dari yang diberikan dalam Tabel J3.1 atau J3.1M (SNI 1729-2015) Pemasangan harus melalui setiap dari metode yang berikut: metode turn-of-nut, suatu indikator-gaya tarik-langsung, twist-off-type tension-control bolt, kunci pas diklalibrasi atau baut desain alternatif.

Kekuatan tarik atau geser desain,  $\Phi R_n$  dan kekuatan tarik atau geser yang diizinkan,  $R_n/\Omega$  dari suatu baut snug-tightened atau baut kekuatan-tinggi pra-tarik atau bagian berulir harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F_n A_b \dots\dots\dots(2.5.4-1)$$

$$\Phi = 0.75 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega = 2.00 \text{ (DKI)}$$

Dimana :

$A_b$  = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, (mm<sup>2</sup>)

$F_n$  = Tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  dari tabel J3.2 (SNI 1729-2015), (Mpa)

Menurut persyaratan SNI 1729-2015 desain kekuatan berdasarkan desain vaktor beban dan ketahanan (DFBK) Suatu baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$  harus memenuhi :

$$R_u \leq \Phi R_n \dots\dots\dots(2.5.4-2)$$

Daftar spesifikasi tabel diameter baut untuk ASTM490 dapat dilihat pada tabel 2.10

Tabel 2.9. Kekuatan nominal baut per satuan luas

Applied Load Condition		Nominal Strength per Unit Area $F_u$ , ksi	
		ASTM A325 or F1852 Bolt	ASTM A490 Bolt
Tension <sup>a</sup>	Static	90	113
	Fatigue	See Section 5.5	
Shear <sup>ab</sup>	Threads included in shear plane	48	60
	Threads excluded from shear plane	60	75

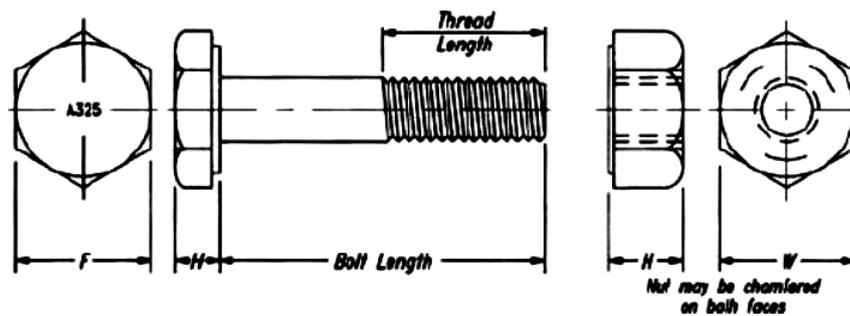
<sup>a</sup> Except as required in Section 5.2.  
<sup>b</sup> In shear connections that transmit axial force and have length between extreme bolts measured parallel to the line of force exceeds 50 in., tabulated values shall be reduced by 20 percent.

Tabel 2.10. Pratarik Baut Minimum, kN\*

Ukuran Baut, mm	Baut A325M	Baut A490M
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595

\* Sama dengan 0,70 dikalikan kekuatan tarik minimum baut, dibulatkan mendekati kN, seperti disyaratkan dalam spesifikasi untuk baut ASTM A325M dan A490M dengan ulir UNC.

Sumber : SNI 1729-2015 Tabel J3-1M



Gambar 2.5. Ukuran baut berdasarkan ASTM 325 dan ASTM 490

Baut memiliki bagian-bagian ulir yaitu :

- 1) Sudut ulir
- 2) Puncak ulir luar



- 3) Jarak bagi
- 4) Diameter inti dari ulir luar
- 5) Diameter luar dari ulir luar
- 6) Diameter dalam dari ulir dalam
- 7) Diameter dari ulir dalam

*Tabel 2.11. Ukuran baut dari ASTM325 dan A490*

Nominal Bolt Diameter $d_b$ , in.	Heavy Hex Structural Bolt Dimensions			Heavy Hex Nut Dimensions	
	Width across flats $F$ , in.	Height $H_p$ , in.	Thread Length $T$ , in.	Width across flats $W$ , in.	Height $H_n$ , in.
$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{16}$	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$
$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$\frac{25}{64}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{16}$	$\frac{39}{64}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{15}{32}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{47}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{7}{16}$	$\frac{35}{64}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{7}{16}$	$\frac{55}{64}$
1	$1\frac{5}{8}$	$\frac{39}{64}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{5}{8}$	$\frac{63}{64}$
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{13}{16}$	$\frac{11}{16}$	2	$1\frac{13}{16}$	$1\frac{7}{64}$
$1\frac{1}{4}$	2	$\frac{25}{32}$	2	2	$1\frac{7}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{3}{16}$	$\frac{27}{32}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{16}$	$1\frac{11}{32}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{8}$	$\frac{15}{16}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{8}$	$1\frac{15}{32}$

### 2.5.5 Bola Baja (Ball Joint)

Mero Conector, diperkenalkan pertama kali oleh Dr. Mengeringhausen, 50 tahun lalu, dan menjadi sangat populer pada bangunan semi permanen dan permanen. Konektor ini terbuat dari noda yang difabrikasi dengan sistem *hot-press*. Bagian batang dari noda adalah *hollow sections* dengan ujung *cone* tajam yang dilas pada sambungan, diakomodasi dengan sambungan baut. Baut yang digunakan dipertebal dengan *hexagonal sleeve* and sambungan dowel pin, yang berakhir pada sambungan joint. Noda ini dapat menyambung lebih dari 18 batang, di mana tidak terdapat eksentrisitas. Pabrikan dapat memproduksi noda dengan ukuran 46.5 to 350 mm, dengan ukuran baut yang berkisar antara M12 sampai dengan M64 dengan gaya maksimum yang diijinkan adalah 1413 kN.

Mero Conector mempunyai beberapa keunggulan, di antaranya semua member dari *Space Truss* melewati satu sambungan, yang mengurangi eksentrisitas beban pada joint. Hal ini membuat beban yang terjadi pada sambungan hanyalah beban aksial. Gaya pada batang juga ditahan oleh baut dan *cone* pada ujung *frame*. Bentuk *ball joint* dapat dilihat seperti Gambar 2.6.

Bola baja atau juga disebut nodes berbentuk bola pejal yang terbuat dari baja, aluminium, atau kuningan. Penggunaannya tergantung dari fungsi struktur yang direncanakan. Untuk bola baja selalu digunakan pada struktur besar yang membutuhkan kekuatan sambungan yang tinggi, selain faktor artistik yang juga diperhatikan.

Bola baja kemungkinan mengalami korosi sangat tinggi, oleh karena itu harus dilakukan pencegahan seperti proses galvanis, lapisan chrom atau pengecatan.

Untuk tipe dan ukuran dari bola baja disesuaikan dengan struktur yang direncanakan, dengan panduan dari Tridome. Dalam proses produksi bola baja ketepatan arah sudut dan jarak lubang menjadi hal yang penting diperhatikan, karena penyimpangan yang kecil sekalipun akan mempengaruhi perilaku struktur dan mempersulit pelaksanaan pemasangan dilapangan.

Jenis bola baja diklasifikasikan berdasarkan lubang baut yang ada, dan keberadaan lubang ini oleh perencana disesuaikan dengan struktur yang dibuat. Bola baja di bedakan menjadi dua tipe yaitu :

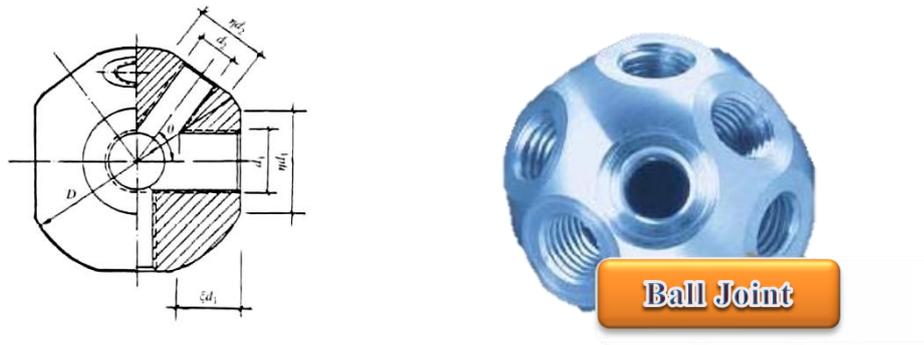
### ***1. Tipe Standart***

Bola baja mempunyai lubang baut dengan arah yang teratur, yaitu arah yang diambil dari sudut ruang dua buah kubus yang tersusun yang mengarah kepusatnya sebagai posisi bola baja. Maksimum lubang baut adalah 18 buah lubang sesuai dengan arah sudut dan sumbu ruang tersebut.

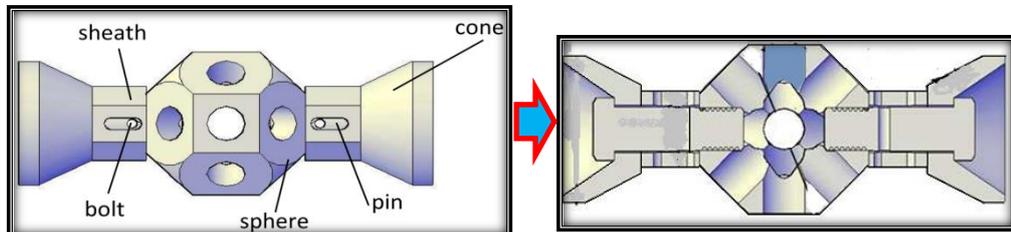
### **2. Tipe Khusus**

Disediakan untuk struktur dengan arah batang yang tidak standart, sehingga lubang baut pada bola baja harus direncanakan sesuai dengan kebutuhan. Berbeda dengan tipe standart yang sudah disediakan. Pada tipe ini produksi bola baja baru dilaksanakan setelah bentuk konstruksi sudah didapat dan arah batang penyusun

diketahui kemiringannya. Tipe khusus ini sering digunakan pada struktur lengkung, Kubah atau struktur lain yang arah batangnya tidak standart.



**Gambar 2.6. Sambungan MERO Konektor**



**Gambar 2.7. Bagian Conus, Hexagon (Hexnut) dan Baut**

## **2.6 Sambungan Las**

Sambungan las memiliki beberapa jenis yaitu las tumpul, las sudut, las pengisi atau tersusun. Pada struktur atas Terminal Kedatangan ini berupa susunan batang-batang baja pipa sehingga terbentuk sudut-sudut antara batang baja pipa yang satu dengan yang lainnya, maka jenis las yang digunakan dalam perencanaan struktur atas hanggar pesawat ini menggunakan jenis las sudut.

### **2.6.1 Luas Efektif**

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal J2-2*), luas efektif dari suatu las sudut adalah panjang efektif dikalikan dengan throat efektif. Throat efektif dari suatu las sudut merupakan jarak terpendek (garis tinggi) dari perpotongan kaki las ke muka las diagrammatik. Suatu penambahan dalam throat efektif diizinkan jika penetrasi konsisten di luar jarak terpendek (garis tinggi) dari perpotongan kaki las ke muka las diagrammatik yang dibuktikan melalui pengujian dengan menggunakan proses produksi dan variabel prosedur.

Untuk las sudut dalam lubang dan slot, panjang efektif harus panjang dari sumbu las sepanjang pusat bidang yang melalui throat. Pada kasus las sudut yang beroverlap, luas efektif tidak boleh melebihi luas penampang nominal dari lubang atau slot, dalam bidang permukaan lekatan.

### **2.6.2 Pembatasan**

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal J2-2*), Ukuran minimum las sudut harus tidak kurang dari ukuran yang diperlukan untuk menyalurkan gaya yang dihitung, atau ukuran seperti yang tertera dalam Tabel 2.11. Ketentuan ini

tidak boleh diterapkan pada perkuatan las sudut dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian atau las tumpul penetrasi-joint-lengkap.

**Tabel : 2.12 Ukuran Minimum las sudut**

<b>Ketebalan Material dari bagian paling tipis yang tersambung, in. (mm)</b>	<b>Ukuran Minimum las Sudut,<sup>[a]</sup> in. (mm)</b>
Sampai dengan ¼ (6.00 )	1/8 (3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13.00)	3/16 (5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19.0)	¼ (6)
Lebih besar dari ¾ (19.00)	5/16 (8)
<sup>[a]</sup> Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus di gunakan Catatan : Lihat Pasal J2.2b (SNI 1729-2015) untuk ukuran maksimum las sudut	

Sumber : SNI 1729-2013 Tabel J2.4

Ukuran maksimum dari las sudut dari bagian-bagian yang tersambung harus :

- a. Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari ¼ in. (6 mm); tidak lebih besar dari ketebalan material.
- b. Sepanjang tepi material dengan ketebalan ¼ in. (6 mm) atau lebih; tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 1/16 in. (2 mm), kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat-penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 1/16 in. (2 mm) bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan tidak melebihi ¼ dari panjangnya. Jika las sudut longitudinal saja digunakan pada sambungan ujung dari komponen struktur tarik tulangan-rata, panjang dari setiap las sudut tidak boleh kurang dari jarak tegak lurus antaranya. Untuk efek panjang las sudut

longitudinal pada sambungan ujung di daerah efektif dari komponen struktur yang disambung, lihat Pasal D3. Untuk las sudut yang dibebani ujungnya dengan panjang meningkat 100 kali ukuran las, hal ini diizinkan untuk mengambil panjang efektif sama dengan panjang aktual. Bila panjang las sudut yang dibebani ujungnya melebihi 100 kali ukuran las, panjang efektif harus ditentukan dengan mengalikan panjang aktual dengan faktor reduksi,  $\beta$  ditentukan sebagai berikut :

$$\beta = 1.2 - 0.002 (l/w) \leq 1.0 \dots\dots\dots(2.6.2-1)$$

Di mana :

$l$  = panjang Aktual las yang di bebani ujungnya, (mm)

$W$  = ukuran dari kaki las, (mm)

Bila panjang las melebihi 300 kali ukuran kaki,  $W$ , panjang efektif harus diambil sebesar  $180 W$ . Las sudut berselang-seling boleh digunakan untuk menyalurkan tegangan terhitung yang melewati suatu joint atau permukaan lekatan dan untuk menghubungkan komponen-komponen dari komponen struktur tersusun. Panjang dari setiap segmen las sudut berselang-seling tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las, dengan suatu minimum (38 mm).

Pada joint lewatan, jumlah minimum dari lewatan harus lima kali ketebalan dari bagian tertipis yang dihubungkan, tetapi tidak kurang dari (25 mm). Joint lewatan yang menghubungkan pelat atau batang tulangan yang menahan tegangan aksial yang hanya memanfaatkan las sudut transversal harus di las sudut sepanjang ujung kedua bagian yang disambung-lewatkan,

kecuali dimana defleksi dari bagian yang disambung-lewatkan adalah bisa cukup dikekang untuk mencegah bukaan dari joint akibat pembebanan maksimum.

Penghentian las sudut boleh dihentikan pendek atau diperpanjang sampai ke ujung atau sisi dari bagian-bagian atau di boks kecuali seperti dibatasi oleh yang berikut ini:

1. Untuk elemen komponen struktur yang overlap di mana satu bagian yang disambungkan diperpanjang melampaui tepi bagian lain yang terhubung yang menahan tegangan tarik terhitung, las sudut harus dihentikan tidak kurang dari ukuran las dari tepi itu.
2. Untuk sambungan dimana fleksibilitas elemen berdiri-bebas diperlukan, bila end return digunakan, panjang return tersebut tidak boleh melebihi empat kali ukuran nominal las atau setengah lebar dari bagian tersebut.
3. Las sudut yang menghubungkan pengaku transversal ke badan gelagar pelat tebal (19 mm) atau kurang akan berakhir tidak kurang dari empat kali atau lebih dari enam kali ketebalan badan dari ujung kaki badan las sayap-ke-badan, kecuali bila ujung pengaku dilas ke sayap.
4. Las sudut yang terjadi pada sisi yang berlawanan dari suatu bidang yang sama, harus diputus di sudut yang sama pada kedua las.



### 2.6.3 Kekuatan Sambungan Las

Kekuatan desain,  $\Phi R_n$  dan kekuatan yang diizinkan,  $R_n/\Omega$ , dari joint yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan berikut ini :

Untuk logam dasar,

$$R_n = F_{nBM} \cdot A_{BM} \dots \dots \dots (2.6.3-1)$$

Untuk Logam las

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \dots \dots \dots (2.6.3-2)$$

Di mana :

$F_{nBM}$  = Tegangan nominal dari logam dasar, (Mpa)

$F_{nw}$  = Tegangan nominal dari logam las, (Mpa)

$A_{BM}$  = Luas penampang logam dasar dasar, (mm<sup>2</sup>)

$A_{we}$  = Luas efektif las, (mm<sup>2</sup>)

Nilai  $\Phi$ ,  $\Omega$ ,  $F_{nBM}$ , dan  $F_{nw}$  serta batasan diatas di berikan pada tabel J2.5 (SNI 1729-2015)

**Tabel 2.13. Kekuatan Tersedia dari Joint Dilas, ksi (Mpa)**

LAS SUDUT TERMASUK FILLET PADA LUBANG DAN SLOT SERTA JOIN-T TIDAK SIMETRIS					
Geser	Dasar	Diatur oleh J4			Logam pengisi dengan tingkat kekuatan yang sama atau kurang dari kekuatan logam pengisi yang sesuai
	Las	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	$0,60 F_{EXX}^{[d]}$	Lihat J2.2a	
Tarik atau tekan Seajar sumbu las	Tarik atau tekan dalam bagian-bagian yang dihubungkan sejajar las tidak perlu diperhitug dalam desain las-las yang menghubungkan bagian-bagian tersebut				

Sumber : SNI (1729-2015) Tabel J2.5

Alternatif untuk las sudut, kekuatan yang tersedia diizinkan ditentukan sebagai berikut :

$$\Phi = 0.75 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega = 2.00 \text{ (DKI)}$$

- a. Untuk kelompok las linear dengan suatu ukuran kaki yang seragam, dibebani melalui titik berat

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \dots \dots \dots (2.6.3-3)$$

Dimana :

$$F_{nw} = 0.60 F_{EXX} \cdot (1.0 + 0.50 \cdot \text{Sin}^{1.5} \theta) \dots \dots \dots (2.6.3-4)$$

$F_{EXX}$  = Kekakuan klasifikasi logam pengisi, (Mpa)

$\theta$  = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

- b. Untuk elemen las dalam suatu kelompok las yang dianalisis dengan menggunakan pusat metode rotasi pusat seketika, komponen dari kekuatan nominal,  $R_{nx}$  dan  $R_{ny}$ , dan kapasitas momen nominal,  $M_n$ , boleh ditentukan sebagai berikut:

$$R_{nx} = \Sigma F_{nwi} \cdot A_{wei} \dots \dots \dots (2.6.3-5)$$

$$R_{ny} = \Sigma F_{nwi} \cdot A_{wei} \dots \dots \dots (2.6.3-6)$$

$$M_n = \Sigma [F_{nwi} \cdot A_{wei} \cdot (X_i) - F_{nwi} \cdot A_{wei} \cdot (Y_i)] \dots \dots \dots (2.6.3-7)$$

Dimana :

$A_{wei}$  = Luas efektif throat las dari setiap elemen las  $i$  th, ( $\text{mm}^2$ )

$F_{nwi} = 0.60 \cdot F_{EXX} \cdot (1.0 + 0.50 \cdot \text{Sin}^{1.5} \theta_i) \cdot f \cdot (p_i)$

$F(p_i) = [p_i \cdot (1.9 - 0.9 p_i)]^{0.3}$

$F_{nwi}$  = Tegangan nominal dalam elemen las  $i$  th, (Mpa)

- $F_{nwi x}$  = Komponen-x dari tegangan nominal,  $F_{nwi}$ , (Mpa)
- $F_{nwi y}$  = Komponen-y dari tegangan nominal,  $F_{nwi}$ , (Mpa)
- $P_i$  =  $\Delta_i/\Delta_{mi}$ , rasio deformasi elemen  $i$ , terhadap deformasi pada tegangan maksimum
- $r_{cr}$  = Jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las dengan rasio minimum  $\Delta_{ui}/r_i$ , (mm)
- $r_i$  = Jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las  $i$ , (mm)
- $x_i$  = Komponen  $x$  dari  $r_i$
- $y_i$  = Komponen  $y$  dari  $r_i$
- $\Delta_i$  =  $r_i \cdot \Delta_{ucr}/r_{cr}$  = deformasi elemen las  $i$  di level tegangan menengah, secara linear di proporsikan ke deformasi kritis berdasarkan jarak dari pusat rotasi seketika,  $r_i$ , (mm)
- $\Delta_{mi}$  =  $0.209 \cdot (\theta_i + 2)^{-0.32} W$ , deformasi elemen las  $i$  di tegangan maksimum, (mm)
- $\Delta_{ucr}$  = Deformasi elemen las dengan rasio minimum  $\Delta_{ui}/r_i$  pada tegangan ultimit (runtuh), umumnya pada elemen yang terjauh dari pusat rotasi seketika, (mm)
- $\Delta_{ui}$  =  $1.087 \cdot (\theta_i + 6)^{-0.65} \cdot w \leq 0.17 \cdot w$ , deformasi elemen las  $i$  di tegangan ultimit (runtuh), (mm)
- $\theta_i$  = Sudut antara sumbu longitudinal dari elemen  $i$  dan arah gaya resultan yang bekerja pada elemen, derajat

- c. Untuk kelompok las sudut konsentris yang dibebani dan terdiri dari elemen dengan ukuran kaki seragam yang berorientasi baik longitudinal dan

transversal terhadap arah beban yang diterapkan, kekuatan terkombinasi,  $R_n$ , dari kelompok las sudut boleh ditentukan lebih besar dari .

$$R_n = R_{nwi} + R_{nwt} \dots\dots\dots(2.6.3-8)$$

Atau

$$R_n = 0.85.R_{nwi} + 1.5R_{nwt} \dots\dots\dots(2.6.3-9)$$

Dimana :

$R_{nwi}$  = Kekuatan nominal total dari las sudut yang di bebani longitudinal, seperti di tentukan menurut tabel 2.10, (N)

$R_{nwt}$  = Kekuatan nominal total dari las sudut yang di bebani transversal, seperti di tentukan menurut tabel 2.10 tanpa alternatif dalam pasal J2.4(a) (SNI 1729-2015), (N)

Dalam buku Agus Setiawan “Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Edisi Kedua” menyebutkan bahwa kuat rencana las sudut persatuan panjang dapat ditentukan dengan rumus :

Kuat rencana las sudut untuk bahan pengisi (las)

$$\Phi.Rnw = 0.75 x te x (0.6 x Fuw) \dots\dots\dots(2.6.3-10)$$

Kuat rencana las sudut untuk bahan dasar

$$\Phi.Rnw = 0.75 x te x (0.6 x Fu) \dots\dots\dots(2.6.3-11)$$

Panjang total las yang dibutuhkan :

$$L_w = \frac{Tu \text{ atau } Vu}{\Phi.Rnw} \dots\dots\dots(2.6.3-12)$$

**Tabel 2.14 Tipe Elektroda Las**

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum ( $F_{uw}$ )	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

Sumber: (Padosbajayo, 1994)

## **2.7 Base Plate**

### **2.7.1 Pembagian Kategori**

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan baja, bagian tumpuan penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering di sebut dengan istilah base plate. Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu pelat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku (*Stiffener*). Suatu struktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur pondasi.

Suatu base plate penahan momen, suatu konsep dasar LRFD harus di desain agar kuat rencana minimal sama atau lebih lebih besar dari pada kuat perlu, yaitu momen lentur ( $M_u$ ), gaya aksial ( $P_u$ ), dan gaya geser ( $V_u$ ) untuk semua macam kombinasi pembebanan yang di persyaratkan.

Dalam AISC Steel Design Guide untuk Base Plate And Anchor Rod Design base plate dapat di rencanakan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

### Batas Kekuatan Bantalan Beton

Untuk memenuhi syarat kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton ( $P_p$ ) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u \leq \Phi_c \cdot P_p \quad \dots\dots\dots(2.7.1-1)$$

### Kekuatan Bantalan Beton Minimum :

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1$$

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \cdot f'_c \cdot A_1 \dots\dots\dots(2.7.1-2)$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad \dots\dots\dots(2.7.1-3)$$

### Kontrol Kekuatan Bantalan Beton

$$\frac{P_u}{A_1} \leq 0.85 \cdot f'_c \quad \dots\dots\dots(2.7.1-4)$$

### Luas Perlu Bantalan Beton

$$A_{1(reg)} = \frac{P_u}{f_{p(Max)}} \dots\dots\dots(2.7.1-5)$$

Luas Perlu Base Plate Untuk  $A_2 = A_1$  dapat ditentukan sebagai berikut :

$$A_{1(reg)} = \frac{P_u}{0.6 \times 0.85 \times f'_c} \dots\dots\dots(2.7.1-6)$$

Luas Perlu Base Plate Untuk  $A_2 \geq A_1$  dapat ditentukan sebagai berikut :

$$A_{1(reg)} = \frac{1}{2} \times \left( \frac{P_u}{0.6 \times 0.85 \times f'_c} \right) \dots\dots\dots(2.7.1-7)$$

Dimana :

$$\Phi_c = 0.6$$

$f'_c$  = Mutu kuat tekan beton Mpa

$A_1$  = Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm<sup>2</sup>

$A_2$  = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm<sup>2</sup>

• **Kategori 1 (Case 1  $A_2 = A_1$ )**

Untuk menentukan dimensi base pelate pada Kategori satu adalah sebagai berikut

- a. Hitung Kebutuhan beban aksial yang terjadi ( $P_u$ )
- b. Hitung Kebutuhan luas penampang base plate baja ( $A_1$ ) sesuai dengan persamaan 2.7.1-9
- c. Dimensi yang optimal pada base pelate

$$N \approx \sqrt{A_{1(reg)}} + \Delta \dots \dots \dots (2.7.1-8)$$

$$\Delta = \frac{0.9.d - 0.8.b_f}{2} \dots \dots \dots (2.7.1-9)$$

$$B = \frac{A_{1(reg)}}{N} \dots \dots \dots (2.7.1-10)$$

- d. Menentukan tebal base plate

$$m = \frac{(N - 0.95d)}{2} \dots \dots \dots (2.7.1-11)$$

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} \dots \dots \dots (2.7.1-12)$$

$$\lambda n' = \lambda \cdot \frac{\sqrt{d \cdot b_f}}{4} \dots \dots \dots (2.7.1-13)$$

$$\lambda = \frac{2x\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1-X}} \leq 1 \dots \dots \dots (2.7.1-14)$$

$$X = \left\{ \frac{4.d.b_f}{(b+b_f)^2} \right\} x \frac{P_u}{\Phi.P_p} \dots\dots\dots(2.7.1-15)$$

$$\phi P_p = \Phi. 0.85. f_c'. A_1.$$

Maka tebal Pelat dapat ditentukan dengan rumus :

$$t_{min} = l x \sqrt{\frac{2.P_u}{\phi.f_y.B.N}} \dots\dots\dots(2.7.1-16)$$

*l* adalah nilai maksimum dari (m, n, λn’).

- **Kategori 2 (Case 2 A<sub>2</sub> = A<sub>1</sub>)**

Untuk menentukan dimensi base plate pada Kategori dua adalah sebagai berikut :

- a. Hitung Kebutuhan beban aksial yang terjadi (*P<sub>u</sub>*)
- b. Hitung Kebutuhan luas penampang base plate baja (*A<sub>1</sub>*)

$$A_{I(reg)} = \frac{P_u}{2 x \phi x 0.85 x f'_c} \dots\dots\dots(2.7.1-17)$$

- c. Dimensi yang optimal pada base plate ditentukan dengan cara yang sama pada Case 1
- d. Menentukan tebal base pelat, ditentukan dengan rumus dan cara yang sama dengan Case 1, namun untuk kekuatan beton minimum (*P<sub>p</sub>*) di tentukan sebagai berikut :

$$\phi P_p = \Phi. f_c'.2. A_1. \dots\dots\dots(2.7.1-18)$$

- **Kategori 3 (Case 2 A<sub>1</sub> < A<sub>2</sub> < 4.A<sub>1</sub>)**

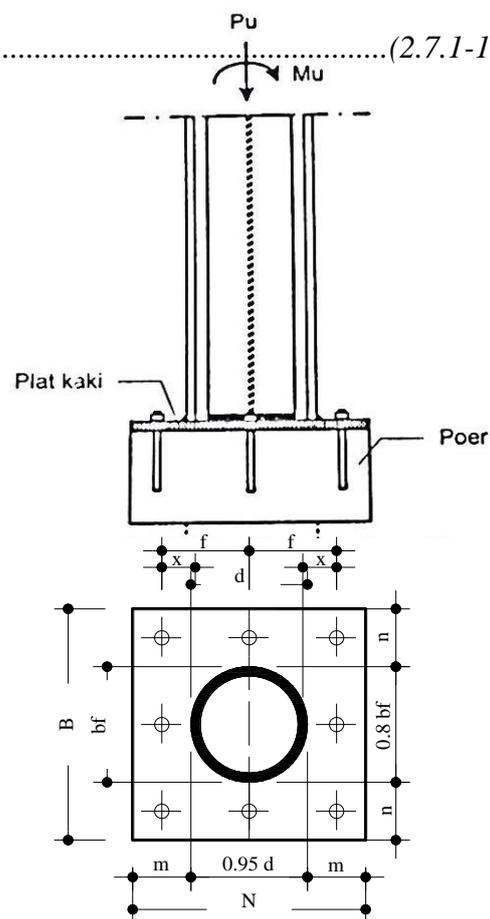
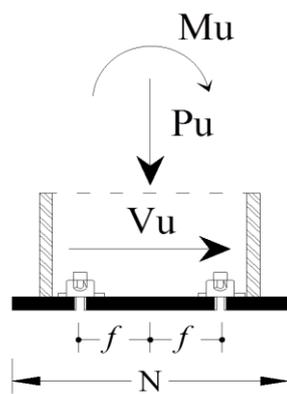
Untuk menentukan dimensi base plate pada Kategori tiga adalah sebagai berikut

- a. Hitung Kebutuhan beban aksial yang terjadi (*P<sub>u</sub>*)



- b. Hitung Kebutuhan luas penampang base plate baja ( $A_1$ ) ditentukan dengan rumus yang sama pada Case 2.
- c. Dimensi yang optimal pada base plate ditentukan dengan cara yang sama pada Case 2
- d. Menentukan tebal base plate, ditentukan dengan rumus dan cara yang sama dengan Case 2, namun untuk kekuatan beton minimum ( $P_p$ ) di tentukan sebagai berikut :

$$P_u \leq \phi P_p = \phi \cdot f_c' \cdot 2 \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \dots \dots \dots (2.7.1-19)$$



**Gambar 2.8. Base Plate Dengan Gaya Aksial Dan Gaya Geser**

Keterangan Gambar :

$B$  = Lebar Base Plat ,  $N$  = Panjang Base Plate

$b_f$  = Lebar Sayap /flens kolom,  $d$  = Tinggi kolom

$f$  = jarak angkur kesumbu base plate dan sumbu kolom

### 2.7.2 Perhitungan Angkur

Menurut bukunya Agus Setiawan “Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD” jilid 2, Angkur yang dipasang pada suatu base plate direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik, dengan syarat sebagai berikut :

$$V_{ub} \leq \Phi \cdot FV \cdot Ab \dots\dots\dots(2.7.2-1)$$

$$V_{ub} \leq \Phi \cdot Ft \cdot Ab \dots\dots\dots(2.7.2-2)$$

Untuk angkur tipe A307 :

$$Ft = 407 - 1.9FV < 310 \dots\dots\dots(2.7.2-3)$$

$$FV = 166 \text{ Mpa} \dots\dots\dots(2.7.2-4)$$

Untuk tipe A325 dengan ulir diluar bidang geser

$$Ft = 807 - 1.5 \cdot fV < 621 \dots\dots\dots(2.7.2-5)$$

$$FV = 414 \text{ Mpa} \dots\dots\dots(2.7.2-6)$$

Dimana :

$V_{ub}$  = Gaya Geser Tervaktor Pada Angkur, N

$T_{ub}$  = Gaya Tarik Terfaktor Pada Angkur, N

$\Phi$  = Faktor Tahanan Pada Angkur = 0.75

$F_V$  = Kuat Geser Nominal Angkur, Mpa

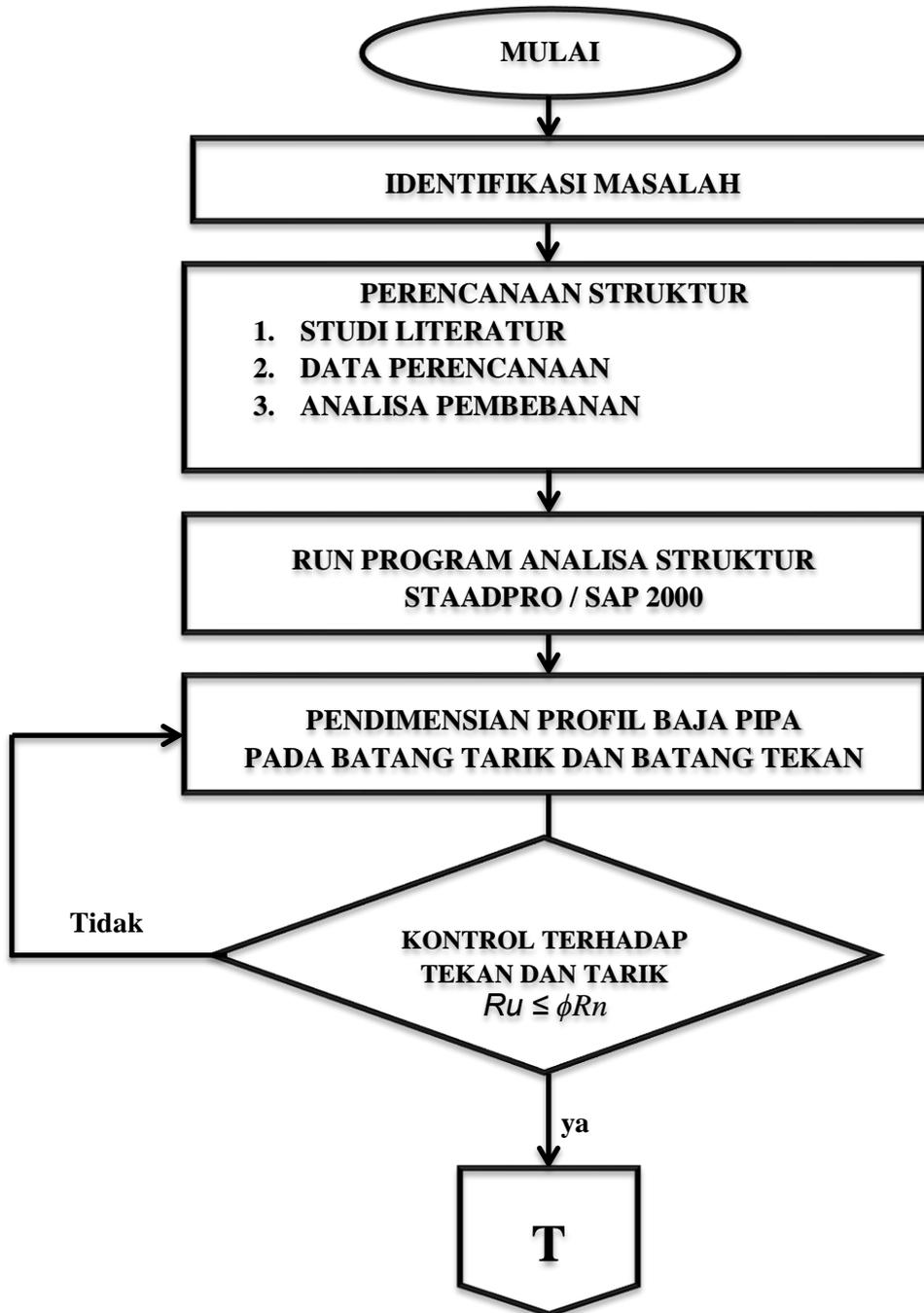
$A_b$  = Luas Penampang Angkur,  $\text{Mm}^2$

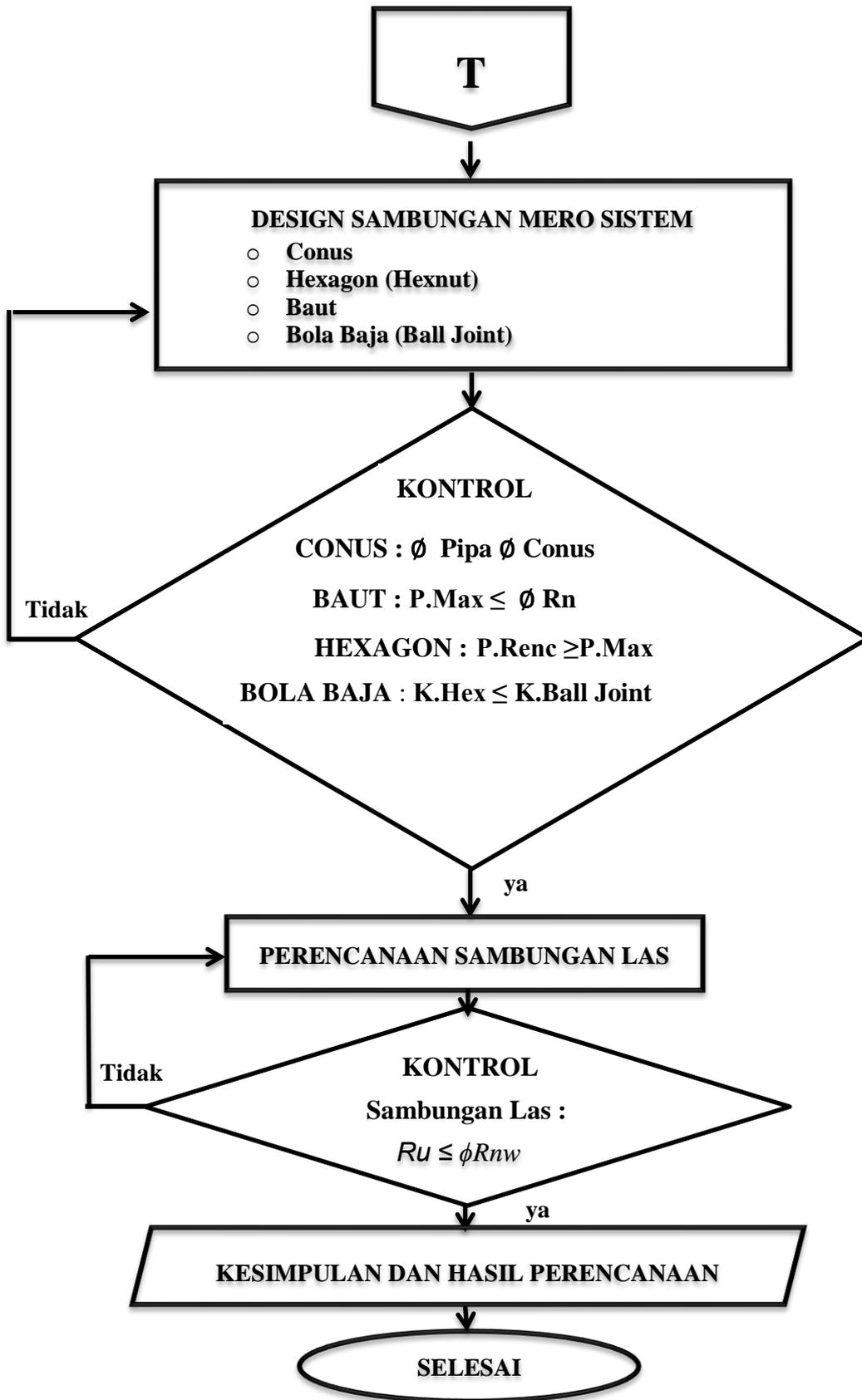
$F_t$  = Kuat Tarik Nominal Angkur, Mpa

$F_v$  = Tegangan Geser Yang Terjadi Pada Angkur =  $\frac{V_{ub}}{A_b}$

$N$  = Jumlah Angkur

## 2.8 Bagan Alir







## **BAB III**

### **PERENCANAAN STRUKTUR**

#### **3.1 Pengumpulan Data**

a. Data primer

Untuk mendapatkan data primer, dilakukan survey secara langsung di area Terminal bandara.

b. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan merupakan data yang didapatkan dari UPT Bandar Udara Abdulrachman Saleh dan Dinas Perhubungan Cabang Malang. Berikut ini adalah data-data yang diperlukan :

1. Lay-out serta bandara secara keseluruhan.
2. Spesifikasi bandara Abdulrachman Saleh kondisi eksisting

##### **3.1.1 Data – Data Perencanaan**

Data – data perencanaan untuk mendesain Struktur atas Terminal Kedatangan Bandar udara Abdulrachman Saleh Malang sebagai berikut :

- Nama Bangunan : Pembangunan Terminal Penumpang
- Fungsi Bangunan : Terminal Penumpang ( Kedatangan )
- Jumlah lantai : 2 Lantai
- Bentang Memanjang :  $\pm 60$  m
- Bentang Melintang :  $\pm 38$  m
- Tinggi gedung :  $\pm 14.00$  m

- Struktur : Strukturu Rangka Baja Pipa ( Space Truss )
- Penutup Atap : Zinalume Lysaght Klip-Lok<sup>TM</sup> 700
- Sambungan : Sambungan untuk struktur atap menggunakan sambungan Mero Sistem

### 3.1.2 Data Informasi Studi

Bandar Udara Abdulrachman Saleh terletak di [Pakis](#), [Kabupaten Malang](#), [Jawa Timur](#), atau 17 km arah timur dari pusat [Kota Malang](#). Adapun data-data teknis mengenai kondisi eksisting landasan bandar udara adalah sebagai berikut :

Daftar Tabel 3.1 Spesifikasi Bandar Udara Abdulrachman Saleh

Bandar Udara Abdul Rachmansaleh	
Lokasi Pembangunan	Malang, Jawa Timur
Negara	Indonesia
Tipe	Militer & Komersil
Evelasi	526 m (1726 ft)
Koordinat	07°55'35" LS
	112°42'52" BT

(Sumber: [https://id.wikipedia.org/wiki/Bandar\\_Udara\\_Abdul\\_Rachman\\_SaleH](https://id.wikipedia.org/wiki/Bandar_Udara_Abdul_Rachman_SaleH))

## BAB IV

### ANALISA SAMBUNGAN

#### 4.1 Analisa Sambungan Mero Sistem

##### 4.1.1 Perencanaan Hexagon

Perencanaan kekuatan Hexagon/Hexnut berdasarkan pada luas penampang karena selain sebagai pengunci juga berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya saat tekan.

Direncanakan Hexagon :

- Kegunaan = Pengunci
- Jenis Bahan = Baja Masif Segi Enam
- Standar Kualitas = JIS (STK 41)
- Tegangan Leleh ( $f_y$ ) =  $2200 \text{ Kg/Cm}^2$  -  $3500 \text{ Kg/Cm}^2$   
Digunakan :  $f_y = 3500.00 \text{ Kg/Cm}^2$
- Gaya Tekan Maksimum yang terjadi pada baja pipa :

PIP.S.20	=	#
		#
PIP.S.25	=	#
		#
PIP.S.30	=	110.330 Kg

- **Perencanaan Hexagon pada Property PIP.S.20**

Direncanakan Menggunakan baut =  $M_{10 \times 50}$

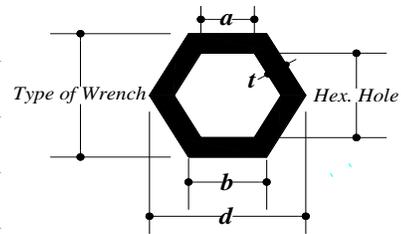
Tipe Hexagon =  $H_{25 \times 17 - 11}$

(Ditentukan dari tabel Allowable/maximum Compression forces for design of Hexagon with safety factor of 0,5 pada lampiran)



Keterangan Design :

- Insert to Node = 15.00 mm
- Conus Insert = 10.00 mm
- Hexagon Length = 25.00 mm
- Type Of Wrench = 17.00 mm
- Hex Hole = 11.00 mm



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H25 x 17 - 11

$$a = \left( \frac{0.5 \times \text{Hex. Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-1)$$

$$= \left( \frac{0.5 \times 1.1000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0.635 \text{ Cm}$$

$$b = \left( \frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-2)$$

$$= \left( \frac{0.5 \times 1.7000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0.981 \text{ Cm}$$

$$t = 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.5.3-3)$$

$$= 0.5 \times 1.700 - 1.100$$

$$= 0.300 \text{ Cm}$$

$$A_g = 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.5.3-4)$$

$$= 6.00 \times \frac{0.635 + 0.981}{2} \times 0.3000$$

$$= 1.455 \text{ Cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\tan 30^\circ \times 0.5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \quad \text{----- (2.5.3-5)} \\
 &= 0.981 + [\tan 30^\circ \times 0.5 \times 1.7] \times 2 \\
 &= 1.9630 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H25 x 17 - 11

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times f_y \times A_g \quad \text{----- (2.5.3-6)} \\
 &= 0,90 \times 3500,00 \times 1,455 \\
 &= 4583,006437
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

$$\begin{aligned}
 P \text{ Max. Rencana} &> P \text{ Max. Terjadi} \\
 4583,006 \text{ Kg} &> 4580,000 \text{ Kg} \quad \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

• **Perencanaan Hexagon pada Property PIP.S.25**

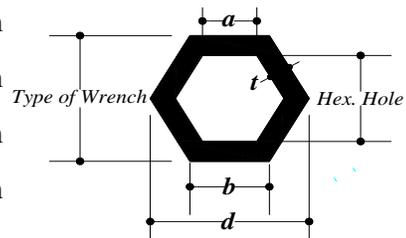
Direncanakan Menggunakan baut = M<sub>12 X 60</sub>

Tipe Hexagon = H<sub>30 x 19 - 13</sub>

(Ditentukan dari tabel Allowable/maximum Compression forces for design of Hexagon with safety factor of 0,5 pada lampiran)

Keterangan Design :

- Insert to Node = 18.00 mm
- Conus Insert = 12.00 mm
- Hexagon Length = 30.00 mm
- Type Of Wrench = 19.00 mm
- Hex Hole = 13.00 mm



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H30 x 19 - 13

$$\begin{aligned}
 a &= \left( \frac{0.5 \times \text{Hex Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-1) \\
 &= \left( \frac{0.5 \times 1.3000}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 0.751 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left( \frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-2) \\
 &= \left( \frac{0.5 \times 1.9000}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 1.097 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \text{-----} (2.5.3-3) \\
 &= 0.5 \times 1.900 - 1.300 \\
 &= 0.300 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 6.00 \times \frac{(a+b)}{2} \times t \text{-----} (2.5.3-4) \\
 &= 6.00 \times \frac{0.751 + 1.097}{2} \times 0.3000 \\
 &= 1.663 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\tan 30^\circ \times 0.5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \text{-----} (2.5.3-5) \\
 &= 1.097 + [\tan 30^\circ \times 0.5 \times 1.9] \times 2 \\
 &= 2.1939 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H30 x 19 - 13

$$\begin{aligned}
 P &= 0.90 \times f_y \times A_g \text{-----} (2.5.3-6) \\
 &= 0.90 \times 3500.00 \times 1.663 \\
 &= 5237.721642
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

$$P \text{ Max. Rencana} > P \text{ Max. Terjadi}$$

$$5237.722 \text{ Kg} > 3870.000 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

• **Perencanaan Hexagon pada Property PIP.S.30**

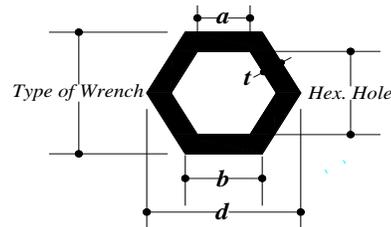
Direncanakan Menggunakan baut = M<sub>16 x 80</sub>

Tipe Hexagon = H<sub>40 x 24 - 17</sub>

(Ditentukan dari tabel Allowable/maximum Compression forces for design of Hexagon with safety factor of 0,5 pada lampiran)

Keterangan Design :

- Insert to Node = 24.00 mm
- Conus Insert = 16.00 mm
- Hexagon Length = 40.00 mm
- Type Of Wrench = 22.00 mm
- Hex Hole = 17.00 mm



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H40 x 24 - 17

$$a = \left( \frac{0.5 \times \text{Hex Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \text{----- (2.5.3-1)}$$

$$= \left( \frac{0.5 \times 1.7000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0.981 \text{ Cm}$$

$$b = \left( \frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \text{----- (2.5.3-2)}$$

$$= \left( \frac{0.5 \times 2.2000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 1.270 \text{ Cm}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.5.3-3) \\
 &= 0.5 \times 2.200 - 1.700 \\
 &= 0.250 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.5.3-4) \\
 &= 6.00 \times \frac{0.981 + 1.270}{2} \times 0.2500 \\
 &= 1.689 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\text{Tan } 30 \times 0.5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2) \dots\dots (2.5.3-5) \\
 &= 1.270 + [\tan 30^\circ \times 0.5 \times 2.2] \times 2 \\
 &= 2.5403 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H40 x 24 - 17

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times f_y \times A_g \dots\dots\dots (2.5.3-6) \\
 &= 0,90 \times 3500.00 \times 1.689 \\
 &= 5319.561043
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

$$\begin{aligned}
 P \text{ Max. Rencana} &> P \text{ Max. Terjadi} \\
 5319.561 \text{ Kg} &> 110.330 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Perencanaan Conus

Conus merupakan perangkat yang berfungsi menghubungkan batang pipa ke sistem sambungan yang menerima dan menyalurkan beban yang bekerja. Bentuk konus merupakan bentuk lingkaran dengan model tertentu yang diameternya sesuai dengan pipa dan hexagon/Hexnut yang dipakai. Melalui konus inilah beban atau gaya batang pada penampang lingkaran disalurkan keperangkat lain, yaitu Hexagon. Hubungan conus dengan pipa disambung dengan las.

Direncanakan Conus Menggunakan :

- Kegunaan = Tutup Ujung Pipa
- Jenis Bahan = Baja Masif
- Standart Kualitas = JIS (STK 41)
- Tegangan Leleh =  $2200 \text{ Kg/Cm}^2$  -  $3500 \text{ Kg/Cm}^2$   
Digunakan :  $f_y = 280.000 \text{ MPa}$
- Diameter Conus = 1.90 " - 5.6 " atau 48.26 mm - 141.30 mm  
(Diameter Conus pada baja pipa di sesuaikan dengan diameter baja pipa yang digunakan)

Diameter conus pada Hexagon yang digunakan tergantung pada tipe baut dan tipe Hexagon yang akan digunakan. Pada tabel Allowable/Maximum Compression Forces For Design Of Hexagon With Safety Factor Of 1,5 di tentukan gaya tekan aksial maksimum yang dapat di tahan oleh setiap batang. Gaya tekan aksial maksimum pada property batang adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Dimensi Diameter Conus Pada Hexagon**

Property	Diameter Hex. (mm)	Type Hexagon	Gaya Tekan Maksimum terjadi (Kg)	Gaya Tarik Maksimum (Kg)
PIP.S.20	19.630	H25 x 17 - 11	4580.000 Kg	2140.000 Kg
PIP.S.25	21.939	H30 x 19 - 13	3870.000 Kg	5120.000 Kg
PIP.S.30	25.403	H40 x 24 - 17	110.330 Kg	6810.000 Kg

Sumber : Hasil Perhitungan

**Perhitungan tebal minimum Conus untuk property PIP.S.20**

- Diameter ( $\emptyset$ ) Luar = 60.30 mm
- Diameter ( $\emptyset$ ) Dalam = 52.48 mm
- Wall Thickness ( $t$ ) = 3.91 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned}
 tw_c &= \frac{\Phi \cdot P_{max}}{fy} \text{----- (2.5.2-2)} \\
 &= \frac{0.9 \times 45800.00}{280} \\
 &= 147.21429 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 - 0.25 \times 3.14 \times \text{ØID}^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 60.30^2 - 0.25 \times 3.14 \times 52.48^2 \\
 &= 2854.33 - 2162.01 \\
 &= 692.32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &\geq A_{Perlu} \\
 692.32 \text{ mm}^2 &\geq 147.21 \text{ mm}^2 \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

Karena luas penampang baja pipa lebih besar dari pada luas perlu conus maka tebal Conus yang digunakan sama dengan tebal baja pipa.

#### Perhitungan tebal Conus untuk property PIP.S.25

- Diameter (Ø) Luar = 73.00 mm
- Diameter (Ø) Dalam = 62.68 mm
- Wall Thickness (t) = 5.16 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned}
 t_{w_c} &= \frac{\Phi \cdot P_{max}}{f_y} \text{-----} (2.5.2-2) \\
 &= \frac{0.9 \times 38700.00}{280} \\
 &= 124.393 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 - 0.25 \times 3.14 \times \text{ØID}^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 73.00^2 - 0.25 \times 3.14 \times 62.68^2 \\
 &= 4183.27 - 3084.09 \\
 &= 1099.17 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &\geq A_{Perlu} \\
 1099.17 \text{ mm}^2 &\geq 124.4 \text{ mm}^2 \text{-----} \mathbf{Ok}
 \end{aligned}$$

Karena luas penampang baja pipa lebih besar dari pada luas perlu conus maka tebal Conus yang digunakan sama dengan tebal baja pipa.

#### **Perhitungan tebal Conus untuk property PIP.S.30**

- Diameter (Ø) Luar = 88.90 mm
- Diameter (Ø) Dalam = 77.92 mm
- Wall Thickness (t) = 5.49 mm



Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned}
 tw_c &= \frac{\Phi \cdot P_{max}}{fy} \text{-----} (2.5.2-2) \\
 &= \frac{0.9 \times 1103.30}{280} \\
 &= 3.546 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 - 0.25 \times 3.14 \times \text{ØID}^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 88.90^2 - 0.25 \times 3.14 \times 77.92^2 \\
 &= 6204.02 - 4766.15 \\
 &= 1437.87 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &\geq A_{Perlu} \\
 1437.87 \text{ mm}^2 &\geq 3.5 \text{ mm}^2 \text{-----} \mathbf{Ok.}
 \end{aligned}$$

Karena luas penampang baja pipa lebih besar dari pada luas perlu conus maka tebal Conus yang digunakan sama dengan tebal baja pipa.

**Tabel 4.2 Dimensi Conus yang Digunakan**

No	Property	Dia. Conus Pada Baja Pipa (mm)	Dia. Conus Pada Hexagon (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)
1	PIP.S.20	60.300	19.630	3.910	50.00
2	PIP.S.25	73.000	21.939	5.160	70.00
3	PIP.S.30	88.900	25.403	5.490	70.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan :

- Diameter conus pada hexagon diambil diameter terluar dari hexagon yang digunakan
- Panjang Conus di tentukan < 1/2 panjang batang

#### 4.1.3 Perencanaan Baut

Baut yang direncanakan harus di kontrol terhadap kekuatan tariknya, karena baut hanya bekerja pada saat batang mengalami aksi tarik. Namun baut memiliki kekuatan geser nominal dalam sambungan, sehingga gaya geser yang terjadi pada sambungan ditahan oleh baut.

Direncanakan baut :

- Kegunaan = Menahan Gaya Tarik
- Standart Kualitas = ASTM A325
- Jenis Ulir = Ulir Kasar
- Gaya Maksimum yang terjadi pada baja pipa :

**Tabel 4.3 Gaya yang di tahan oleh Baut**

No.	Property	Gaya yang di tahan Baut	
		Gaya Tarik (Kg)	Gaya Geser (Kg)
1	PIP.S.20	2140.000	10.846
2	PIP.S.25	5120.000	33.428
3	PIP.S.30	6810.000	89.300

Sumber : Hasil Perhitungan

#### • Perencanaan Baut pada Property PIP.S.20

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$Ru \leq \Phi.Rn \text{-----} (2.5.4-2)$$

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut ( $\emptyset$ ) = 12.00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 12.000^2 \\ &= 113.0400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \text{ ..... (2.5.4-1)} \\ &= 620.00 \times 113.04 \\ &= 70084.80 \text{ N} \\ &= 7008.48 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ R_u &\leq 0.75 \times R_n \\ 2140.000 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 7008.480 \text{ Kg} \\ 2140.000 \text{ Kg} &\leq 5256.3600 \text{ Kg} \text{ ..... Ok} \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \text{ ..... (2.5.4-1)} \\ &= 457.00 \times 113.04 \\ &= 51659.28 \text{ N} \\ &= 5165.93 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ R_u &\leq 0.75 \times R_n \\ 10.846 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 5165.928 \text{ Kg} \\ 10.846 \text{ Kg} &\leq 3874.4460 \text{ Kg} \text{ ..... Ok} \end{aligned}$$

• **Perencanaan Baut pada Property PIP.S.25**

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn \text{ ..... (2.5.4-2)}$$

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut ( $\emptyset$ ) = 14.00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} Ag &= 0.25 \times 3.14 \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 14.000^2 \\ &= 153.8600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fn \times Ab \text{ ..... (2.5.4-1)} \\ &= 620.00 \times 153.86 \\ &= 95393.20 \text{ N} \\ &= 9539.32 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \Phi \cdot Rn \\ Ru &\leq 0.75 \times Rn \\ 5120.000 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 9539.320 \text{ Kg} \\ 5120.000 \text{ Kg} &\leq 7154.4900 \text{ Kg} \text{ ..... Ok} \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fnt \times Ab \text{ ..... (2.5.4-1)} \\ &= 457.00 \times 153.86 \\ &= 70314.02 \text{ N} \\ &= 7031.40 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$33.428 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 7031.402 \text{ Kg}$$

$$33.428 \text{ Kg} \leq 5273.5515 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

• **Perencanaan Baut pada Property PIP.S.30**

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \text{ ----- (2.5.4-2)}$$

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut ( $\emptyset$ ) = 14.00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 14.000^2 \\ &= 153.8600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \text{ ----- (2.5.4-1)} \\ &= 620.00 \times 153.86 \\ &= 95393.20 \text{ N} \\ &= 9539.32 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$6810.000 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 9539.320 \text{ Kg}$$

$$6810.000 \text{ Kg} \leq 7154.4900 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

Kuat Geser rencana baut :

$$R_n = F_{nt} \times A_b \text{ ----- } (2.5.4-1)$$

$$= 457.00 \times 153.86$$

$$= 70314.02 \text{ N}$$

$$= 7031.40 \text{ Kg}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$89.300 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 7031.402 \text{ Kg}$$

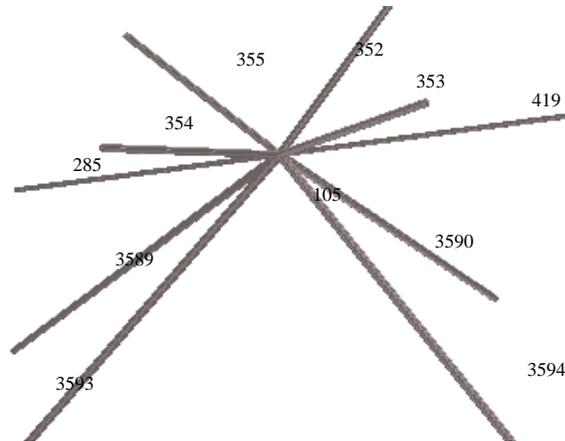
$$89.300 \text{ Kg} \leq 5273.5515 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

#### 4.1.4 Perencanaan Ball Joint

Spesifikasi data yang dipergunakan :

- Jenis Bahan = Baja Masif atau As Baja
- Standart Kualitas = S.45.C
- Tegangan Leleh ( $f_y$ ) =  $3000 \text{ Kg/Cm}^2$  -  $3700 \text{ Kg/Cm}^2$   
Digunakan :  $f_y = 3700 \text{ Kg/Cm}^2$

Contoh Perencanaan Ball Joint pada Node 105



**Tabel 4.4 Keterangan Beam pada Node 105**

No.	Beam	Type Hexagon	Gaya Tekan (Kg)	Diameter Hex.
1	Beam No. 3589	H40 x 24 - 17	1580.000	25.40 mm
2	Beam No. 3590	H40 x 24 - 17	1130.000	25.40 mm
3	Beam No. 3593	H40 x 24 - 17	2410.000	25.40 mm
4	Beam No. 3594	H40 x 24 - 17	2540.000	25.40 mm
3	Beam No. 285	H25 x 17 - 11	515.284	19.63 mm
4	Beam No. 419	H25 x 17 - 11	-	19.63 mm
5	Beam No. 352	H30 x 19 - 13	3570.000	21.94 mm
6	Beam No. 353	H30 x 19 - 13	-	21.94 mm
7	Beam No. 354	H30 x 19 - 13	1520.000	21.94 mm
8	Beam No. 355	H30 x 19 - 13	-	21.94 mm
<b>Jumlah (<math>\Sigma</math>)</b>			<b>13265.284 Kg</b>	<b>228.63 mm</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Di Coba menggunakan bola baja type N. 90

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3.140 \times 88.40 \\
 &= 277.576 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

$$K_{Desain} \geq K_{Perlu}$$

$$277.576 \text{ mm} \geq 228.631 \text{ mm} \text{ ----- Ok}$$

Kontrol kekuatan gaya tekan pada ball joint :

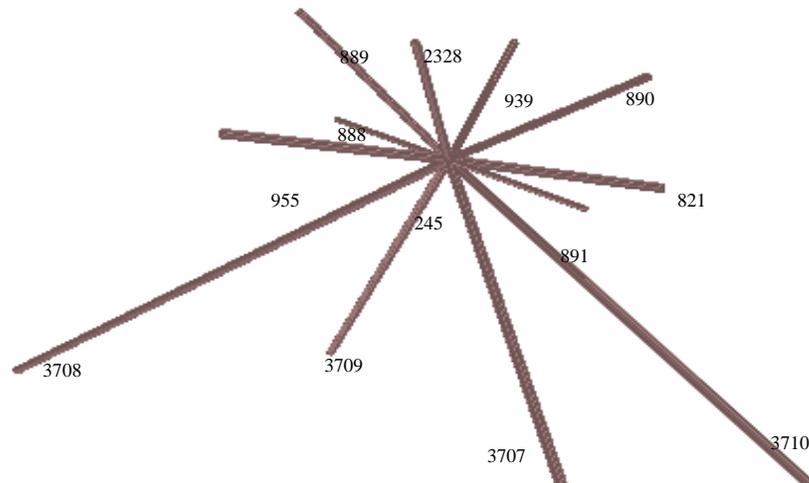
Dari tabel Data Of Allowable/Maximum compression force on ball joint/nodes disyaratkan kekuatan ijin dari ball joint.

- Kekuatan tekan ijin ( $P_u$ ) N. 90 = 15620.000 Kg
- Kekuatan Tekan terjadi ( $P_n$ ) = 13265.284 Kg

$$P_u > P_n$$

$$15620.000 \text{ Kg} > 13265.284 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

#### Contoh Perencanaan Ball Joint pada Node 245





**Tabel 4.5 Keterangan Beam pada Node 245**

No.	Beam	Type Hexagon	Gaya Tekan (Kg)	Diameter Hex.
1	Beam No. 821	H25 x 17 - 11	524.891	19.63 mm
2	Beam No. 955	H25 x 17 - 11	-	19.63 mm
3	Beam No. 888	H30 x 19 - 13	3390.000	21.94 mm
4	Beam No. 889	H30 x 19 - 13	-	21.94 mm
5	Beam No. 890	H30 x 19 - 13	3020.000	21.94 mm
6	Beam No. 891	H30 x 19 - 13	-	21.94 mm
7	Beam No. 939	H40 x 24 - 17	1680.000	25.40 mm
8	Beam No. 2328	H40 x 24 - 17	-	25.40 mm
9	Beam No. 3707	H40 x 24 - 17	4470.000	25.40 mm
10	Beam No. 3708	H40 x 24 - 17	-	25.40 mm
11	Beam No. 3709	H40 x 24 - 17	4780.000	25.40 mm
12	Beam No. 3710	H40 x 24 - 17	4250.000	25.40 mm
<b>Jumlah (<math>\Sigma</math>)</b>			<b>22114.891 Kg</b>	<b>279.44 mm</b>

Sumber : Hasil Analisa

Di Coba menggunakan bola baja type N. 110

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3.140 \times 105.30 \\
 &= 330.642 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

$$\begin{aligned}
 K_{Desain} &\geq K_{Perlu} \\
 330.642 \text{ mm} &\geq 279.438 \text{ mm} \text{ -----} \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan gaya tekan pada ball joint :

Dari tabel Data Of Allowable/Maximum compression force on ball joint/nodes disyaratkan kekuatan ijin dari ball joint.

- Kekuatan tekan ijin ( $P_u$ ) N.110 = 23120.000 Kg
- Kekuatan Tekan terjadi ( $P_n$ ) = 22114.891 Kg

$$P_u > P_n$$

$$23120.000 \text{ Kg} > 22114.891 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

Dari 4 sampel perencanaan ball joint (diambil yang memiliki sudut antar 2 batang yang kecil) di dapat 2 buah type ball joint yang digunakan, tetapi dalam merencanakan ball joint type khusus tidak hanya di dasarkan pada kontrol dari keliling ball joint dan kuat tekan ball joint, karena pada perencanaan ball joint type khusus tidak memiliki besar sudut yang sama di mana yang di syaratkan minimum sudut yang di bentuk antara dua batang adalah  $33,333^\circ$  (Tabel Data of Allowable/Maximum Compression Force on Ball Joint/Node). Jika dalam perencanaan memiliki sudut kurang dari yang di syaratkan maka, ball joint harus di tinjau pada kecukupan pemasangan Hexagon pada ball Joint, yang dapat dilihat pada gambar detail ball joint.

**Tabel 4.6 Kebutuhan Dimensi Ball Joint**

No	Joint/Simpul	Ball Joint yang digunakan	Kuat Tekan (Kg)	Kebuthan Analisa	Kuat Tekan (Kg)
1	Joint 105	N90	13265.284	N90	15620
2	Joint 245	N110	22114.891	N110	23120

Sumber : Hasil Perhitungan

Selain pertimbangan kontrol aman dan dapat dipasang, kemudahan pelaksanaan dilapangan pun harus dipertimbangkan, maka untuk memudahkan pelaksanaan dilapangan ball joint di desain memiliki diameter yang sama yaitu dengan type N90 (88.40 mm) dan type N110 (105.30 mm)

#### 4.1.5 Dimensi Sambungan Mero Sistem

Dari hasil analisa diatas untuk sambungan mero sistem dapat di kelompokkan menjadi 2 buah sambungan yang memiliki dimensi ball joint yang berbeda yaitu :

1. Ball Joint yang menahan Property PIP.S 15, Property PIP.S.25 dan property PIP.S 30 dengan jumlah batang 8 buah pada setiap jointnya.
2. Ball Joint yang menahan Property PIP.S 15, Property PIP.S.25 dan property PIP.S 30 dengan jumlah batang 12 buah pada setiap jointnya.

**Tabel 4.7 Dimensi Sambungan Mero Sistem**

No.	Type Ball Joint	Dimensi (mm)	Type Baut	Hexagon yang digunakan	Jumlah batang Maksimum	Jumlah Ball Joint (Buah)
1	N.90	88.40	M10	H25 x 17 - 11	8	1506
			M16	H30 x 19 - 13		
			M24	H40 x 24 - 17		
2	N.110	105.30	M10	H25 x 17 - 11	12	24
			M16	H30 x 19 - 13		
			M24	H40 x 24 - 17		

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.8 Dimensi Hexagon dan Conus yang digunakan**

Property	Hexagon	Conus (mm)		Gaya yang Terjadi (Kg)	
		Panjang	Tebal	Tekan	Tarik
PIP.S.20	H25 x 17 - 11	50.00	3.910	4580.000	2140.000
PIP.S.25	H30 x 19 - 13	70.00	5.160	3870.000	5120.000
PIP.S.30	H40 x 24 - 17	70.00	5.490	110.330	6810.000

Sumber : Hasil perhitungan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil Perencanaan Struktur Atas (*Upper Structure*) Terminal Kedatangan Pada Bandar Udara Abdulrahman Saleh Malang Jawa Timur dengan Menggunakan Struktur Ruang (*Space Truss*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Baja pipa yang digunakan dalam perencanaan struktur Terminal Kedatangan

Pada Bandar Udara Abdulrahman Saleh Malang Jawa Timur adalah :

- Standar kualitas Pipa : Pipe Schedule 40 ASTM A 53 Grades B
- Tegangan Leleh ( $F_y$ ) : 240 Mpa
- Tegangan Tarik ( $F_u$ ) : 415 Mpa
- Modulus Elastisitas : 210000 Mpa
- Jumlah member : 3427 Buah batang
- Jumlah Joint/Simpul : 1530 joint

Dimensi yang digunakan :

a. Baja pipa PIP.S.20 (60.30 mm) dengan dimensi sebagai berikut :

- Diameter Luar ( $\emptyset OD$ ) : 60.30 mm
- Diameter Dalam ( $\emptyset ID$ ) : 52.80 mm
- Ketebalan : 3.91 mm

b. Baja pipa PIP.S.25 (73.00) dengan dimensi sebagai berikut :

- Diameter Luar ( $\emptyset OD$ ) : 73.00 mm

- Diameter Dalam ( $\emptyset ID$ ) : 62.68 mm
  - Ketebalan : 5.16 mm
- c. Baja pipa PIP.S.30 (88.90 mm) dengan dimensi sebagai berikut :
- Diameter Luar ( $\emptyset OD$ ) : 88.90 mm
  - Diameter Dalam ( $\emptyset ID$ ) : 77.90 mm
  - Ketebalan : 5.49 mm
2. Dari hasil analisa pada sambungan mero sistem maka dimensi sambungan yang digunakan adalah :
- Dimensi Conus pada property PIP.S.20 memiliki panjang 50.00 mm dengan ketebal 3.91 mm, untuk Property PIP.S.25 memiliki panjang 70.00 mm dengan ketebal 5.16 mm, dan untuk Property PIP.S.30 memiliki panjang 70.00 mm dengan ketebal 5.49 mm.
  - Dimensi Hexagon pada property PIP.S.15 menggunakan  $H_{25 \times 17-11}$ , Dimensi Hexagon pada property PIP.S.25 menggunakan  $H_{30 \times 19-13}$ , dan untuk dimensi Hexagon pada property PIP.S.30 menggunakan  $H_{40 \times 22-17}$ .
  - Dimensi baut yang digunakan adalah M.10 untuk Hexagon  $H_{25 \times 17-11}$ , M.12 untuk hexagon  $H_{30 \times 19-13}$ , dan M.16 untuk hexagon  $H_{40 \times 22-17}$ .
  - Dimensi ball joint yang digunakan adalah type N.90 (88.40 mm), dan menggunakan type N.110 (105.30 mm)
3. Sambungan las digunakan pada sambungan base pelate dengan panjang efektif las 103.305 mm dan tebal  $t_e = 5.145$  mm.
4. Base pelate menggunakan ukuran 300,00 mm x 300,00 mm dengan ketebalan 12,00 mm dan jumlah angkur 4 berdiameter 16,00 mm.

## 5.2 Saran

Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan beberapa saran agar kesalahan-kesalahan ataupun kendala-kendala yang dialami penyusun tidak terulang kembali pada perencana struktur ruang berikutnya :

1. Dalam perencanaan struktur ruang tipe struktur yang digunakan lebih baik menggunakan type struktur truss karena pada kondisi truss, momen di struktur di tiadakan walaupun pada umumnya struktur rangka ruang banyak di kenal dengan nama space frame.
2. Besar kecilnya gaya aksial yang terjadi tergantung dari ketepatan dalam merencanakan bentuk strukturnya, dimana struktur akan lebih efisien jika direncanakan batangnya lebih panjang dan semakin lebar ruang dari pembentuk segitiganya (lamdanya besar) maka gaya aksial yang terjadi akan semakin kecil.
3. Sudut pembentuk antara dua batang sebaiknya memenuhi standart  $33.333^\circ$  agar dimensi ball joint lebih efisien, pada saat pemasangan tidak perlu membesarkan ball joinya.
4. Penggunaan connection dapat di coba dengan jenis conection selain mero sistem agar dapat mengetahui mana yang lebih efisien dalam perencanaan.
5. Perkembangan di bidang konstruksi atap rangka ruang di indonesia, perlu dikembangkan dan di kenalkan untuk penggunaan struktur Space truss di indonesia yang dapat dijadikan alternatif bentuk struktur.
6. Perlunya data yang konsisten dalam perencanaan dikarenakan hal ini diperlukan guna menyelesaikan perencanaan ke tahap selanjutnya.

### 3.3 Perencanaan Batang Pipa (*Member*)

Dalam merencanakan dimensi batang, elemen-elemen utama struktur dapat di kelompokkan sedemikian rupa dalam kelompok yang simetris. Secara ideal, perencanaan kekuatan batang didasarkan dari gaya batang dalam yang bekerja pada batang itu, secara struktural hal ini memang bisa dilaksanakan. Tetapi dalam perencanaan suatu struktur secara keseluruhan, di tinjau dari segi artistik, sudut dari bola baja dan ekonomisnya perlu dipertimbangkan lagi. Oleh karena itu pada batang dengan panjang yang sama dan dalam satu sumbu di rencanakan berdasarkan gaya terbesar yang terjadi di antara batang-batang tersebut, sehingga akan didapatkan model struktur yang mempunyai keseragaman batang yang seimbang.

Karena jika dilaksanakan dengan menyamakan dimensi pada struktur memiliki ukuran yang sama, akan mengakibatkan pembesaran dimensi pada beberapa batang yang mengakibatkan pembesaran berat sendiri dari struktur dan akan menimbulkan struktur yang tidak ekonomis dan efisien. Sehingga pada perencanaan struktur Terminal Kedatangan ini menggunakan dimensi struktur yang beda sesuai dengan kebutuhannya.

#### 3.3.1 Perencanaan Spesifikasi Baja Pipa

Adapun spesifikasi teknis dari material baja pipa yang digunakan sebagai berikut :

- Standart Kualitas Pipa = Pipe Schedule 40 ASTM A 53 Grades B
- *Tegangan Leleh* ( $f_y$ ) = 240 MPa
- *Tegangan Tarik* ( $F_u$ ) = 415 MPa
- *Modulus Elastisitas* ( $E$ ) = 210000 MPa
- *Poissons Ratio* ( $\nu$ ) = 0.30
- *Density* = 0.00007850 N/mm<sup>3</sup>
- *Thermal Coeff* ( $\alpha$ ) =  $12,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{K} \rightarrow 0.000012/^{\circ}\text{C}$
- *Critical Damping* = 0.03
- *Shear Modulus* ( $G$ ) = 78846.200 MPa

Dalam merencanakan batang baja pipa menggunakan property sebagai berikut :

Direncanakan untuk struktur PIP.S.20 (60,30 mm) :

- Diameter ( $\emptyset$ ) Luar = 60.30 mm
- Diameter ( $\emptyset$ ) Dalam = 52.48 mm
- Luas penampang ( $A_g$ ) = 692.3226 mm<sup>2</sup> = 6.9232 Cm<sup>2</sup>
- Tebal pipa ( $t$ ) = 3.91 mm
- Berat per unit panjang = 5.435 kg/m

Direncanakan untuk struktur PIP.S.25 (73,00 mm) :

- Diameter ( $\emptyset$ ) Luar = 73.000 mm
- Diameter ( $\emptyset$ ) Dalam = 62.680 mm
- Luas penampang ( $A_g$ ) = 1099.1708 mm<sup>2</sup> = 10.9917 Cm<sup>2</sup>
- Tebal pipa ( $t$ ) = 5.160 mm
- Berat per unit panjang = 8.628 kg/m

Direncanakan untuk struktur PIP.S.30 (88,90 mm) :

- Diameter ( $\emptyset$ ) Luar = 88.900 mm
- Diameter ( $\emptyset$ ) Dalam = 77.920 mm
- Luas penampang ( $A_g$ ) = 1437.8716 mm<sup>2</sup> = 14.3787 Cm<sup>2</sup>
- Tebal pipa ( $t$ ) = 5.490 mm
- Berat per unit panjang = 11.287 kg/m

### 3.3.2 Hasil Analisa Statika

Dari hasil perhitungan analisa statika dari StaadPro V8i di peroleh gaya - gaya batang berdasarkan kombinasi (1,2DL+1,6Lr+0,5W) sebagai berikut :

**Tabel 3.14 Gaya Normal pada Batang (Fx)**

No.	Property	Panjang Batang (m)	No. Beam	Load Case (L/C)	Gaya Normal (Fx)	Keadaan
1	Max Fx- PIP.S.20	3.000	1373	Komb 3	4580.00 Kg	Tekan
	Min Fx- PIP.S.20	3.000	1342	Komb 3	2140.00 Kg	Tarik
2	Max Fx- PIP.S.25	2.300	1257	Komb 3	3870.00 Kg	Tekan
	Min Fx- PIP.S.25	2.269	1427	Komb 3	5120.00 Kg	Tarik
3	Max Fx- PIP.S.30	3.321	3666	Komb 3	110.33 Kg	Tekan
	Min Fx- PIP.S.30	4.091	1257	Komb 3	6810.00 Kg	Tarik

Sumber : Hasil Analisa StaadPro V8i (Dapat Dilihat pada Lampiran)



**Tabel 3.15 Gaya Lintang/Reaksi Tumpuan pada Batang (fy)**

No.	Property	Panjang Batang (m)	No. Joint	Load Case (L/C)	Gaya Lintang (fy)	Keadaan
1	Max Fx- PIP.S.20	3.000	277	Komb 3	10.846 Kg	Positif
	Min Fx- PIP.S.20	3.000	277	Komb 3	10.846 Kg	Negatif
2	Max Fx- PIP.S.25	2.269	385	Komb 3	33.428 Kg	Positif
	Min Fx- PIP.S.25	2.300	352	Komb 3	32.143 Kg	Negatif
3	Max Fx- PIP.S.30	12.875	1395	Komb 3	89.300 Kg	Positif
	Min Fx- PIP.S.30	12.875	1395	Komb 3	89.300 Kg	Negatif

Sumber : Hasil Analisa StaadPro V8i (Dapat Dilihat pada Lampiran)

Dari hasil analisa pada struktur di dapat :

1. Semua dimensi/Property baja pipa yang digunakan tidak ada yang failed yang berarti pada beam tersebut sudah mampu untuk menahan gaya yang terjadi.
2. Semua joint/titik simpul tidak ada yang Instability at joint yang berarti semua joint/titik simpul sudah stabil.
3. Berat struktur dan panjang property yang gunakan.

STEEL TAKE-OFF		
PROFILE	LENGTH (MMS )	WEIGHT (NEWT)
1086. 3158 TO 3427		
ST PIPS20	2093987.62	106050.719
ST PIPS30	1627197.12	171411.733
ST PIPS25	3215364.00	258919.347
		-----
	TOTAL =	536381.799

Sumber : Hasil Analisa StaadPro V8i

### 3.4 Desain Komponen Struktur

#### 3.4.1 Desain Komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.20

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desain sebagai berikut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \text{ ..... (2.4.2-1)}$$

#### Luas Neto Efektif

Dimana untuk komponen struktur tanpa lubang, luas neto tersebut,  $A_n$  adalah sama dengan luas bruto,  $A_g$ , maka :

Diketahui :

- Diameter Luar ( $OD$ ) = 60.30 mm
- Diameter Dalam ( $ID$ ) = 52.48 mm

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \varnothing OD^2 - 0.25 \times 3.14 \times \varnothing ID^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 60.300^2 - 0.25 \times 3.14 \times 52.480^2 \\ &= 692.3226 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} P_n &= f_y \cdot A_g \text{ ..... (2.4.2-2)} \\ &= 240.00 \times 692.323 \\ &= 166157.42 \text{ N} \\ &= 16615.742 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$2140.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 16615.742 \text{ Kg}$$

$$2140.000 \text{ Kg} \leq 14954.168 \text{ Kg} \text{ ..... Ok}$$

### Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_u \cdot A_e \text{ ----- (2.4.2-3)} \\
 &= 415.00 \times 692.323 \\
 &= 287313.87 \text{ N} \\
 &= 28731.387 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang neto.

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0.9 \times P_n \\
 2140.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 28731.387 \text{ Kg} \\
 2140.000 \text{ Kg} &\leq 25858.249 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}
 \end{aligned}$$

### 3.4.2 Desain komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.20

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \text{ ----- (2.4.3-1)}$$

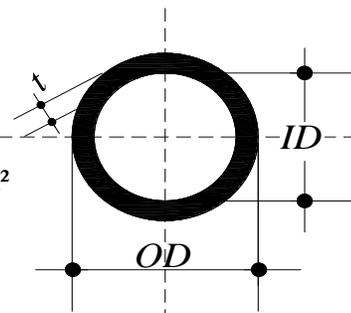
### Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

Untuk kondisi tekan, penampang diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen-langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ . Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , di sebut penampang dengan elemen

$$D/t \geq 0.11 \times \frac{E}{f_y} \text{ ----- Langsing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar ( $OD$ ) = 60.300 mm
- Diameter Dalam ( $ID$ ) = 52.480 mm
- Tebal (*Thickness*) = 3.910 mm
- Luas Penampang ( $A_g$ ) = 692.3226 mm<sup>2</sup>
- Modulus Elastisitas ( $E$ ) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa



Klasifikasi penampang :

$$D/t \geq 0.11 \times \frac{E}{f_y}$$

$$\frac{60.30}{3.91} \geq 0.11 \times \frac{210000.00}{240.00}$$

$$15.42 \leq 96.250 \text{ ----- Non Langsing}$$

**Panjang Efektif**

- Faktor Panjang Efektif ( $K$ ) = 1
- Panjang Batang ( $L$ ) = 3.000 m
- Radius Girasi ( $r$ ) =  $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$I = \frac{\pi}{64} \times [ OD^4 - ID^4 ]$$

$$= \frac{3.14}{64} \times [ 60.300^4 - 52.4800^4 ]$$

$$= 276506.73 \text{ mm}^4$$

Maka Radius girasi/Jari-Jari Girasi :

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{276506.735}{692.323}}$$

$$= 19.9847 \text{ mm}$$

$$\frac{K \times L}{r} < 200 \text{ ----- (2.4.3-4)}$$

$$\frac{3000.000}{19.985} < 200$$

$$150.115 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Maka tidak perlu diperhitungkan terhadap tekuk

### Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , harus di tentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.4.3-5)}$$

Untuk menentukan tegangan kritis,  $F_{cr}$ , di tentukan sebagai berikut :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ ----- } F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] \times f_y$$

$$\frac{KL}{r} \geq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ ----- } F_{cr} = 0.877 \cdot F_e$$

Maka :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{3000}{19.98} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{210000.00}{240}}$$

$$150.1 \geq 139.324 \text{ ----- Maka Digunakan } F_{cr} = 0.877 \cdot F_e$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \text{ ----- (2.4.3-7)}$$

$$= \frac{3.14^2 \times 210000.00}{150.115^2}$$

$$= 91.883 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_{cr} = 0.877 \times F_e \text{ ----- (2.4.3-6)}$$

$$= 0.877 \times 91.883$$

$$= 80.581 \text{ MPa}$$

### Kuat Tekan Nominal

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.4.3-5)} \\ &= 80.581 \times 692.323 \\ &= 55788.077 \text{ N} \\ &= 5578.808 \text{ Kg} \end{aligned}$$

### Kontrol Kekuatan tekan

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ P_u &\leq 0.9 \times P_n \\ 4580.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 5578.808 \text{ Kg} \\ 4580.000 \text{ Kg} &\leq 5020.9269 \text{ Kg} \text{ ----- Ok} \end{aligned}$$

### 3.4.3 Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.25

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \text{ ----- (2.4.2-1)}$$

### Luas Neto Efektif

Dimana untuk komponen struktur tanpa lubang, luas neto tersebut,  $A_n$  adalah sama dengan luas bruto,  $A_g$ , maka :

Diketahui :

- Diameter Luar (*OD*) = 73.00 mm
- Diameter Dalam (*ID*) = 62.68 mm

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \phi OD^2 - 0.25 \times 3.14 \times \phi ID^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 73.000^2 - 0.25 \times 3.14 \times 62.680^2 \\ &= 1099.1708 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} P_n &= f_y \cdot A_g \text{ ----- (2.4.2-2)} \\ &= 240.00 \times 1099.171 \\ &= 263800.996 \text{ N} \\ &= 26380.100 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$5120.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 26380.100 \text{ Kg}$$

$$5120.000 \text{ Kg} \leq 23742.090 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

**Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto**

$$P_n = F_u \cdot A_n \dots\dots\dots (2.4.2-3)$$

$$= 415.00 \times 1099.171$$

$$= 456155.889 \text{ N}$$

$$= 45615.589 \text{ Kg}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang neto.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$5120.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 45615.589 \text{ Kg}$$

$$5120.000 \text{ Kg} \leq 41054.030 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

**3.4.4 Desain Komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.25**

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \dots\dots\dots (2.4.3-1)$$

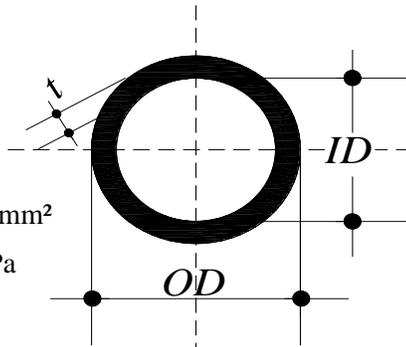
**Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal**

Untuk kondisi tekan, penampang diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen-langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ . Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , di sebut penampang dengan elemen *lanosino*

$$D/t \geq 0.1 \times \frac{E}{f_y} \dots\dots\dots \text{Langsing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar (*OD*) = 73.000 mm
- Diameter Dalam (*ID*) = 62.680 mm
- Tebal (Thickness) = 5.160 mm
- Luas Penampang (*A<sub>g</sub>*) = 1099.1708 mm<sup>2</sup>
- Modulus Elastisitas (*E*) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (*f<sub>y</sub>*) = 240 MPa



Klasifikasi Penampang :

$$D/t \geq 0.11 \times \frac{E}{f_y}$$

$$\frac{73.00}{5.16} \geq 0.11 \times \frac{210000.00}{240.00}$$

$$14.15 \leq 96.250 \text{ ----- } \textit{Non Langsing}$$

**Panjang Efektif**

- Faktor Panjang Efektif (*K*) = 1
- Panjang Batang (*L*) = 2.300 m
- Radius Girasi (*r*) =  $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \times [ OD^4 - ID^4 ] \\ &= \frac{3.14}{64} \times [ 73.000^4 - 62.6800^4 ] \\ &= 635992.76 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi :

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{635992.765}{1099.171}} \\ &= 24.0543 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\frac{K \times L}{r} < 200 \text{ ----- (2.4.3-4)}$$

$$\frac{2300.000}{24.054} < 200$$

$$95.617 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Maka tidak perlu diperhitungkan terhadap tekuk

### Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , harus di tentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.4.3-5)}$$

Untuk menentukan tegangan kritis,  $F_{cr}$ , di tentukan sebagai berikut :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ ----- } F_{cr} = \left( 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times f_y$$

$$\frac{KL}{r} \geq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ ----- } F_{cr} = 0.877 \cdot F_e$$

Maka :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{2300}{24.05} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{210000.00}{240}}$$

$$95.62 \leq 139.324 \text{ ----- Maka Digunakan } F_{cr} = \left( 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times f_y$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \text{ ----- (2.4.3-7)}$$

$$= \frac{3.14^2 \times 210000.00}{95.617^2}$$

$$= 226.470 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left( 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times f_y \dots\dots\dots (2.4.3-5) \\
 &= \left( 0.658^{\frac{240.000}{226.470}} \right) \times 240.000 \\
 &= 154.020 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Kuat Tekan Nominal**

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots (2.4.3-5) \\
 &= 154.020 \times 1099.171 \\
 &= 169294.266 \text{ N} \\
 &= 16929.427 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

**Kontrol Kekuatan tekan**

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0.9 \times P_n \\
 3870.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 16929.427 \text{ Kg} \\
 3870.000 \text{ Kg} &\leq 15236.4839 \text{ Kg} \dots\dots\dots Ok
 \end{aligned}$$

**3.4.5 Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.30**

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \dots\dots\dots (2.4.2-1)$$

**Luas Neto Efektif**

Dimana untuk komponen struktur tanpa lubang, luas neto tersebut, *An* adalah sama dengan luas bruto, *Ag*, maka :

Diketahui :

- Diameter Luar (*OD*) = 88.90 mm
- Diameter Dalam (*ID*) = 77.92 mm

$$\begin{aligned}
 A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \varnothing OD^2 - 0.25 \times 3.14 \times \varnothing ID^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 88.900^2 - 0.25 \times 3.14 \times 77.920^2 \\
 &= 1437.8716 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto**

$$\begin{aligned}
 P_n &= f_y \cdot A_g \text{ ..... (2.4.2-2)} \\
 &= 240.00 \times 1437.872 \\
 &= 345089.190 \text{ N} \\
 &= 34508.919 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0.9 \times P_n \\
 6810.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 34508.919 \text{ Kg} \\
 6810.000 \text{ Kg} &\leq 31058.027 \text{ Kg} \text{ ..... } Ok
 \end{aligned}$$

**Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto**

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_u \cdot A_n \text{ ..... (2.4.2-3)} \\
 &= 415.00 \times 1437.872 \\
 &= 596716.725 \text{ N} \\
 &= 59671.672 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang neto.

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0.9 \times P_n \\
 6810.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 59671.672 \text{ Kg} \\
 6810.000 \text{ Kg} &\leq 53704.505 \text{ Kg} \text{ ..... } Ok
 \end{aligned}$$

### 3.4.6 Desain komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.30

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn \dots\dots\dots (2.4.3-1)$$

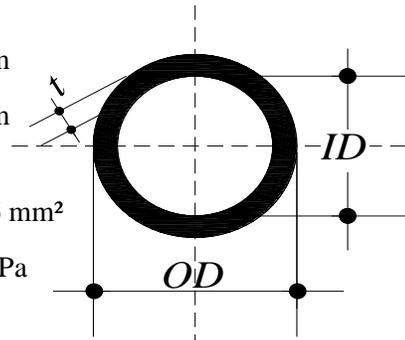
#### Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

Untuk kondisi tekan, penampang diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen-langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ . Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , di sebut penampang dengan elemen langsing

$$D/t \geq 0.11 \times \frac{E}{fy} \dots\dots\dots \text{Langsing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar (OD) = 88.900 mm
- Diameter Dalam (ID) = 77.920 mm
- Tebal (Thickness) = 5.490 mm
- Luas Penampang (Ag) = 1437.8716 mm<sup>2</sup>
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (fy) = 240 MPa



Klasifikasi Penampang :

$$D/t \geq 0.11 \times \frac{E}{fy}$$

$$\frac{88.90}{5.49} \geq 0.11 \times \frac{210000.00}{240.00}$$

$$16.19 \leq 96.250 \dots\dots\dots \text{Non Langsing}$$

#### Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 3.321 m
- Radius Girasi (r) =  $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} \times (R_1^4 - R_2^4) \\
 &= \frac{3.14}{64} \times (88.900^4 - 77.9200^4) \\
 &= 1255867.31 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi/Jari-Jari Girasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{1255867.309}{1437.872}} \\
 &= 29.5537 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{K \times L}{r} < 200 \text{ ----- (2.4.3-4)}$$

$$\frac{3321.000}{29.554} < 200$$

$$112.372 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Maka tidak perlu diperhitungkan terhadap tekuk

### Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , harus di tentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.4.3-5)}$$

Untuk menentukan tegangan kritis,  $F_{cr}$ , di tentukan sebagai berikut :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ ----- } F_{cr} = \left( 0.658 \right)^{\frac{F_y}{F_e}} \times f_y$$

$$\frac{KL}{r} \geq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ ----- } F_{cr} = 0.877 \cdot F_e$$

Maka :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{3321}{29.55} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{210000.00}{240}}$$

$$112.4 \leq 139.324 \text{ ----- Maka Digunakan ----- } F_{cr} = \left( 0.658^{\frac{F_y}{f_e}} \right) \times f_y$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \text{ ----- (2.4.3-7)}$$

$$= \frac{3.14^2 \times 210000.00}{112.372^2}$$

$$= 163.970 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_{cr} = \left( 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times f_y \text{ ----- (2.4.3-5)}$$

$$= \left( 0.658^{\frac{240.000}{163.970}} \right) \times 240.000$$

$$= 130.062 \text{ MPa}$$

### **Kuat Tekan Nominal**

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$= 130.062 \times 1437.872$$

$$= 187013.023 \text{ N}$$

$$= 18701.302 \text{ Kg}$$

### **Kontrol Kekuatan tekan**

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$110.330 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 18701.302 \text{ Kg}$$

$$110.330 \text{ Kg} \leq 16831.1721 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

### 3.4.7 Kontrol Dimensi Batang

**Tabel 3.16 Kontrol Dimensi Batang**

No.	Property	Panjang (m)	Kondisi Batang	Kekuatan Perlu (Kg)	Kekuatan Nominal (Kg)	Keterangan
1	PIP.S.20	3.000	Tekan	4580.000	5020.927	Ok
		3.000	Tarik	2140.000	25858.249	Ok
2	PIP.S.25	2.300	Tekan	3870.000	15236.484	Ok
		2.269	Tarik	5120.000	41054.030	Ok
3	PIP.S.30	3.321	Tekan	110.330	16831.172	Ok
		4.091	Tarik	6810.000	53704.505	Ok

Sumber : Hasil Perhitungan

## DAFTAR GAMBAR

### BAB 1 PENDAHULUAN

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

- Gambar 2.1 : Elemen Dasar Pembentuk Sistem Rangka Ruang .....8
- Gambar 2.2 : Bagian-Bagian Sambungan Mero Sistem .....35
- Gambar 2.3 : Baut, Hexagon dan Conus .....36
- Gambar 2.4 : Ukuran Baut berdasarkan ASTM 325 dan ASTM 490 .....40
- Gambar 2.5 : Sambungan Mero Konektor.....44
- Gambar 2.6 : Bagian Conus, Hexagon (Hexnut) dan Baut.....44
- Gambar 2.7 : Base Plate dengan gaya aksial dan gaya geser .....57

### BAB III PERENCANAAN STRUKTUR

- Gambar 3.1 : Jarak Support Spacing .....63
- Gambar 3.2 : Luas Tributari Pada perletakan Gording .....64
- Gambar 3.3 : Perletakan Beban air hujan .....67
- Gambar 3.4 : Koefisien Tekanan Eksternal.....73
- Gambar 3.5 : Perletakan beban angin .....74
- Gambar 3.6 : Penguraian Beban pada Atap.....75
- Gambar 3.7 : Penomoran Gording.....77
- Gambar 3.8 : Bidang Momen pada Gording .....77
- Gambar 3.9 : Lendutan pada gording .....77
- Gambar 3.10: Letak Area Tributari Atap .....87
- Gambar 3.11: Ukuran Baut BerdasarkanASTM 325 & ASTM 490 .....91



#### BAB IV ANALISA SAMBUNGAN

- Gambar 4.1 : Arah Penguraian gaya.....130
- Gambar 4.2 : Detail Tumpuan Gording.....135
- Gambar 4.3 : Nomor joint dan Beam.....137
- Gambar 4.4 : Penampang Base Plate dan Notasi.....145
- Gambar 4.5 : Rencana Penyangga Ball Joint.....146
- Gambar 4.6 : Penempatan Angkur pada base plate .....157
- Gambar 4.7 : Detail Base Plate.....162

## DAFTAR TABEL

### BAB 1 PENDAHULUAN

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

- Tabel 2.1. : Kategori Risiko Bangunan Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa Dan Es .....14
- Tabel 2.2. : Faktor Arah Angin  $K_d$ .....17
- Tabel 2.3. : Koefisien Tekanan Internal, (GCpl) .....19
- Tabel 2.4. : Koefisien Eksposur Tekan Velositas,  $K_h$  dan  $K_z$ .....20
- Tabel 2.5.A. : Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda .....33
- Tabel 2.5.B. : Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda .....33
- Tabel 2.7. : Tipe Sambungan Tanpa Noda .....34
- Tabel 2.8. : Tipe Sambungan dengan Menggunakan Fabrikasi .....34
- Tabel 2.9. : Sistem Sambungan yang Umum digunakan .....35
- Tabel 2.9 : Kekuatan Nominal Baut Persatuan Luas .....40
- Tabel 2.10 : Pratarik Baut Minimum,  $kN^*$  .....40
- Tabel 2.11 : Ukuran baut dari ASTM A325 dan A490.....41
- Tabel 2.12 : Ukuran Minimum Las Sudut .....46
- Tabel 2.13 : Kekuatan tersedia dari Joint dilas, ksi (Mpa) .....49
- Tabel 2.14 : Tipe Elektroda las .....53

### BAB III PERENCANAAN STRUKTUR

- Tabel 3.1 : Maximum Support Spacings (mm).....62

- Tabel 3.2 : Masses Zincalume Lysaght Klip-LokTM 700.....62
- Tabel 3.3 : Kategori Risiko Bangunan Gedung .....68
- Tabel 3.4 : Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi Balikpapan.....69
- Tabel 3.5 : Faktor Arah Angin (Kd) .....69
- Tabel 3.6 : Koefisien Tekanan Internal (GCpi) .....70
- Tabel 3.7 : Koefisien Tekan Eksternal.....72
- Tabel 3.8 : Beban Angin untuk Perencanaan Gording .....74
- Tabel 3.9 : Beban Yang Terjadi Pada Gording.....75
- Tabel 3.10 : Penguraian Gaya Pada Gording Atap .....84
- Tabel 3.11 : Nilai momen dan lendutan gording atap .....82
- Tabel 3.12 : Beban Angin pada Joint.....88
- Tabel 3.13 : Pembebanan Pada Struktur.....92
- Tabel 3.14 : Gaya Normal Pada Batang (Fx).....94
- Tabel 3.15 : Gaya lintang/Reaksi tumpuan pada batang (Fy).....95
- Tabel 3.16 : Gaya lintang/Reaksi tumpuan pada batang (Fy).....109

#### BAB IV ANALISA SAMBUNGAN

- Tabel 4.1 : Dimensi Diameter Conus Pada Hexagon .....116
- Tabel 4.2 : Dimensi Conus Yang Digunakan .....119
- Tabel 4.3 : Gaya Yang Ditahan Oleh Baut .....120
- Tabel 4.4 : Keterangan Beam Pada Node 105 .....125
- Tabel 4.5 : Keterangan Beam Pada Node 245 .....127

- Tabel 4.6 : Kebutuhan Dimensi Ball Joint.....128
- Tabel 4.7 : Dimensi Sambungan Mero Sistem .....129
- Tabel 4.8 : Dimensi Hexagon Dan Conus Yang Digunakan .....129
- Tabel 4.9 : Gaya untuk Mendesain Tumpuan Gording.....131
- Tabel 4.10 : Gaya Yg Terjadi Pada Gording Atap No.8.....136
- Tabel 4.11 : Ukuran Minimum Las Sudut .....141
- Tabel 4.12 : Reaksi Maksimum dan Minimum yang terjadi .....145
- Tabel 4.13 : Ukuran Minimum Las Sudut .....159

#### DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR NOTASI

- $A$  = Luas Bidang Tekan. (Bab 2.5.3)
- $A_1$  = Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.7.1)
- $A_2$  = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.7.1)
- $A_b$  = Luas Penampang Angkur, ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.7.2)
- $A_b$  = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.5.4)
- $A_{BM}$  = Luas penampang logam dasar dasar, in.<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.6.3)
- $A_e$  = Luas Neto Efektif, in.<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.4.2)
- $A_g$  = Luas Bruto dari komponen Struktur, in.<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.4.2)
- $A_{og}$  = Luas total bukaan pada amplop bangunan gedung (dinding-dinding dan atap, dalam ft<sup>2</sup>). (Bab 2.2.4)
- $AT$  = Luas tributari dalam ft<sup>2</sup> ( $\text{m}^2$ ) yang didukung oleh setiap komponen struktural. (Bab 2.2.2)
- $A_{we}$  = Luas efektif las, in.<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ ). (Bab 2.6.3)
- $A_{wei}$  = Luas efektif throat las dari setiap elemen las  $i$  th, in.<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ ). (Baba 2.6.3)
- $B$  = Lebar Base Pelate. (Bab 2.7.1)
- $b_f$  = Lebar Sayap /flens kolom. (Bab 2.7.1)
- $C$  = Diambil dari nilai terbesar antara  $m$ ,  $n$ , dan  $n'$ . (Bab 2.7.3)
- $d$  = Tinggi kolom. (Bab 2.7.1)

- $dh$  = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik) dalam in. ( $mm$ ). (Bab 2.2.3)
- $ds$  = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. ( $mm$ ). (Bab 2.2.3)
- $E$  = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa). (Bab 2.4.3)
- $f$  = Jarak angkur kesumbu base pelate dan sumbu kolom. (Bab 2.7.1)
- $F(pi) = [pi.(1.9-0.9pi)]0.3$ . (Bab 2.6.3)
- $fc$  = Mutu kuat tekan beton (Mpa). (Bab 2.7.1)
- $Fe$  = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa). (Bab 2.4.3)
- $F_{EXX}$  = Kekakuan klasifikasi logam pengisi, ksi (Mpa). (Bab 2.6.3)
- $F_n$  = Tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  dari tabel J3.2 (SNI 1729-2015), ksi (Mpa). (Bab 2.5.4)
- $F_{nBM}$  = Tegangan nominal dari logam dasar, ksi (Mpa). (Bab 2.6.3)
- $F_{nw}$  = Tegangan nominal dari logam las, ksi (Mpa). (Bab 2.6.3)
- $F_{nwi}$  = Tegangan nominal dalam elemen las  $i$  th, ksi (Mpa). (Bab 2.6.3)
- $F_{nwiX}$  = Komponen-x dari tegangan nominal,  $F_{nwi}$ , ksi (Mpa). (Bab 2.6.3)
- $F_{nwiY}$  = Komponen-y dari tegangan nominal,  $F_{nwi}$ , ksi (Mpa). (Bab 2.6.3)
- $Fp$  = Tegangan tumpu yang timbul pada permukaan beton, (Mpa). (2.7.3)
- $F_t$  = Kuat Tarik Nominal Angkur, (MPa). (Bab 2.7.2)
- $F_u$  = Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa). (Bab 2.4.2)
- $F_V$  = Kuat Geser Nominal Angkur, (MPa). (Bab 2.7.2)

- $F_V$  = Tegangan Geser Yang Terjadi Pada Angkur =  $\frac{V_{ub}}{A_b}$  (2.7.3)
- $F_y$  = Tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa). (Bab 2.4.3)
- $G$  = Faktor efek-tiupan angin, lihat Pasal 26.9 SNI 1727-2013 dapat diambil (0.85). (Bab 2.2.4)
- $Hl$  = Hexagon Hole (diambil dari tabel). (Bab 2.5.3)
- $I$  = Panjang sambungan, in (mm). (Bab 2.3.4)
- $K$  = Faktor panjang efektif. (Bab 2.4.3)
- $Kd$  = Faktor Arah angin. (Bab 2.2.4)
- $Kz$  = Koefisien Eksposur tekanan velositas. (Bab 2.2.4)
- $Kzt$  = Faktor topografi tertentu. (Bab 2.6.2)
- $L$  = Panjang Aktual las yang di bebani ujungnya, in. (mm). (Bab 2.6.1)
- $L$  = Panjang batang tekuk. (Bab 2.4.3)
- $L$  = Panjang sambungan dalam arah pembebanan (mm). (Bab 2.3.4)
- $L_0$  = Beban hidup atap desain tanpa reduksi per  $ft^2$  ( $m^2$ ) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur (lihat Tabel 4-1 *SNI 1727-2013*). (Bab 2.2.2)
- $L_r$  = Beban hidup atap tereduksi per  $ft^2$  ( $m^2$ ) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur. (Bab 2.2.2)
- $M_n$  = Momen Nominal Base Pelate, (N.mm). (Bab 2.7.3)
- $M_p$  = Momen Lentur Dari Base Pelate, (N.mm). (Bab 2.7.3)
- $M_{pl}$  = Momen Lentur Tervaktor Yang Terjadi Pada Base Pelate, (N.mm). (Bab 2.7.3)
- $n$  = Jumlah Angkur. (Bab 2.7.2)

- $N$  = Panjang Base Pelate. (Bab 2.7.1)
- $N'$  = Panjang kantilever base pelate dari muka kolom flens atau web berdasarkan teori garis leleh =  $\sqrt{\frac{d.b_f}{4}}$ . (Bab 2.7.3)
- $\Phi$  = Faktor Tahanan Pada Angkur = 0.75 (Bab 2.7.2)
- $\Phi_c$  = 0.6 (Bab 2.7.1)
- $\Omega$  = Factor ketahanan, di syaratkan dalam bab B sampai Bab K (Bab 2.4.2)
- $P$  = Gaya tekan batang. (Bab 2.5.3)
- $P_i$  =  $\Delta_i/\Delta_{mi}$ , rasio deformasi elemen  $i$ , terhadap deformasi pada tegangan maksimum. (Baba 2.6.3)
- $P_n$  = Tegangan nominal aksial, ksi (MPa). (Bab 2.4.2)
- $\Phi R_n$  = Kekuatan desain. (Bab 2.4.2)
- $Q_h$  = Tekanan velositas di hitung menggunakan persamaan (2.2-4) pada ketinggian atap rata-rata  $h$ . (Bab 2.2.4)
- $q_h$  = Tekanan velositas dievaluasi pada tinggi atap rata-rata  $h$  menggunakan eksposur seperti didefinisikan dalam pasal 26.7.3 yang mengakibatkan beban angin tertinggi untuk setiap arah angina di lokasi. (Bab 2.2.4)
- $Q_z$  = Tekanan velositas di hitung dengan persamaan (2.2-4) pada ketinggian  $z$ . (Bab 2.2.4)
- $R$  = Beban Air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft<sup>2</sup> (kN/m<sup>2</sup>). (Bab 2.2.3)
- $r$  = Radius girasi atau jari – jari girasi. (Bab 2.4.3)
- $R_a$  = Kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI. (Bab 1.3.2)



- $r_{cr}$  = Jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las dengan rasio minimum  $\Delta_{ui}/r_i$ , in.(mm). (Bab 2.6.3)
- $r_i$  = Jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las  $i$ , in. (mm). (Bab 2.6.3)
- $R_n$  = Kekuatan nominal, di syaratkan dalam bab B sampai Bab K.
- $R_n$  = Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K
- $R_n$  = Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K. (Bab 2.4.2)
- $R_n/\Omega$  = Kekuatan izin. (Bab 2.3.2)
- $R_{nwi}$  = Kekuatan nominal total dari las sudut yang di bebani longitudinal, seperti di tentukan menurut tabel 2.10, kips (N). (Bab 2.6.3)
- $R_{nwt}$  = Kekuatan nominal total dari las sudut yang di bebani transversal, seperti di tentukan menurut tabel 2.10 tanpa alternatif dalam pasal J2.4(a) (SNI 1729-2015), kips (N). (Bab 2.6.3)
- $R_u$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK. (Bab 2.4.2)
- $R_u$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK. (Bab 2.3.1)
- $T_{ub}$  = Gaya Tarik Terfaktor Pada Angkur, (N). (Bab 2.7.2)
- $V$  = Kecepatan angin dasar. (Bab 2.2.4)
- $V_i$  = Volume Internal ruang tanpa partisi, dalam ft<sup>3</sup>. (Bab 2.2.4)
- $V_{ub}$  = Gaya Geser Tervaktor Pada Angkur, (N). (Bab 2.7.2)
- $W$  = Ukuran dari kaki las, in. (mm). (Bab 2.6.2)
- $W_r$  = Wrech (diambil dari tabel). (Bab 2.5.3)
- $x$  = Eksentrisitas sambungan, in (mm)
- $x_i$  = Komponen  $x$  dari  $r_{i..}$  (Bab 2.6.3)
- $y_i$  = Komponen  $y$  dari  $r_i$ . (Bab 2.6.3)

- $\Delta i$  = Deformasi elemen las  $i$  di level tegangan menengah, secara linear di proporsikan ke deformasi kritis berdasarkan jarak dari pusat rotasi seketika,  $r_i$ , in. (mm). (Bab 2.6.3)
- $\Delta m_i = 0.209 \cdot (\theta_i + 2) - 0.32W$ , deformasi elemen las  $i$  di tegangan maksimum, in. (mm). (Bab 2.6.3)
- $\Delta u_{cr}$  = Deformasi elemen las dengan rasio minimum  $\Delta_{ui}/r_i$  pada tegangan ultimit (runtuh), umumnya pada elemen yang terjauh dari pusat rotasi seketika, in. (mm). (Bab 2.6.3)
- $\Delta_{ui}$  = Deformasi elemen las  $i$  di tegangan ultimit (runtuh), in.(mm). (Bab 2.6.3)
- $\theta$  = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat. (Bab 2.6.3)
- $\theta_i$  = Sudut antara sumbu longitudinal dari elemen  $i$  dan arah gaya resultan yang bekerja pada elemen, derajat. (Bab 2.6.3)
- $\Phi$  = Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K. (Bab 2.3.2)
- $\Phi$  = Besar sudut terkecil yang dibentuk dari 2 baut (rad). (Bab 2.5.5)
- $\Phi R_n$  = Kekuatan desain. (Bab 2.5.5)
- $\Omega$  = Faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K. (Bab 2.3.2)
- $D$  = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafond, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap. (Bab 2.2.6)
- $L$  = Beban hidup yang di timbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain – lain. Faktor beban untuk  $L$  harus sama dengan 1.0 untuk garasi

parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum dan semua daerah yang memikul beban hidup lebih besar dari 5.0 kPa. (Bab 2.2.6)

*L<sub>r</sub>* = Beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak. (Bab 2.2.6)

*H* = Beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah atau tekanan dari material dalam jumlah besar. (Bab 2.2.6)

*W* = Beban angin. (Bab 2.2.6)

*E* = Beban gempa. (Bab 2.2.6)

### 3.2 Perencanaan Pembebanan

Struktur atas Terminal bandar udara Abdulrachman Saleh Malang dianalisa dengan menggunakan Program Struktural Analisis and Design (StaadPro), sehingga berat sendiri dari struktur tidak di hitung karena sudah diperhitungkan pada Selfweight di StaadPro.

Penutup atap menggunakan atap Zincalume Lysaght Klip-Lok™ 700 dengan ketentuan sebagai berikut :

**Tabel 3.1 Maximum Support Spacings (mm)**

No	Total Coated Thickness (mm)		
	Type of Span	0.45	0.50
1	<i>Roof</i>		
	Single Span (SS)	1300	1600
	End Span (ES)	1350	1700
	Internal Span (IS)	2200	2400
	Unstiffened eaves overhang (O)	150	200
	Stiffened eaves overhang (O)	450	500
2	<i>Walls</i>		
	Single Span (SS)	2000	2250
	End Span (ES)	2100	2750
	Internal Span (IS)	3200	3600
	Overhang (O)	150	200

Sumber : CatalogTatat Bluescope Building Products

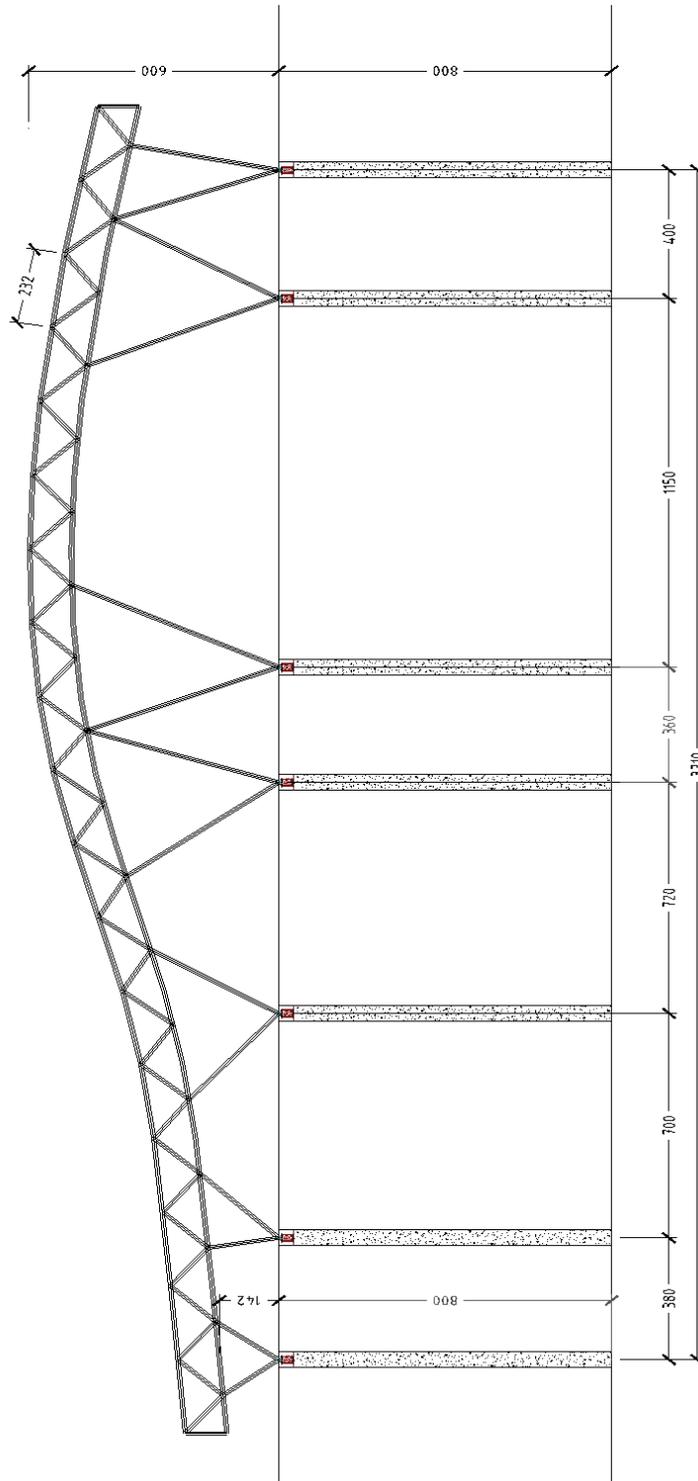
Keterangan :

- Single Span (SS) = Jarak maksimum tumpuan untuk atap yang hanya di gunakan pada satu spasi
- End Span (ES) = Jarak maksimum tumpuan untuk atap pada spasi yang dekan dengan kantilever atap
- Internal Span (IS) = Jarak maksimum tumpuan untuk atap pada spasi atap yang berada di tengah
- Overhang (O) = Jarak maksimum tumpuan untuk atap yang berupa kantilever

**Tabel 3.2 Masses Zincalume Lysaght Klip-Lok™ 700**

BMT	TCT	Product	kg/m	kg/m <sup>2</sup>
0.40	0.45	ZINCALUME® Steel	3.11	4.44
0.40	0.45	COLORBOND® Steel	3.17	4.53
0.45	0.50	ZINCALUME® Steel	3.48	4.97
0.45	0.50	COLORBOND® Steel	3.54	5.05
0.60	0.65	ZINCALUME® Steel	4.59	6.55
0.60	0.65	COLORBOND® Steel	4.64	6.63

Sumber : CatalogTatat Bluescope Building Products



**Gambar 3. 1 Jarak Support Spacing**

SKALA 1 : 100

Bandar Udara

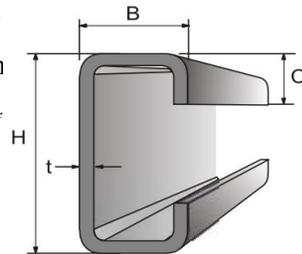
### 3.2.1 Beban Mati

Direncanakan :

- Jarak Antar Gording Atap = 2.300 m
- Panjang Gording = 3.000 m
- Lebar Bangunan = 38.000 m
- Lebar Atap Klip-Lok™ 700 = 700.00 mm
- Berat Atap Klip-Lok™ 700 = 4.970 Kg/m<sup>2</sup>
- Kemiringan Atap = 0° - 14.461°

Dari tabel baja Lipped Channel (Baja Kanal C Ringan) dari PT. Gunung Raja Paksi di coba menggunakan dimensi C<sub>100x50x20x3,2</sub> dengan data sebagai berikut :

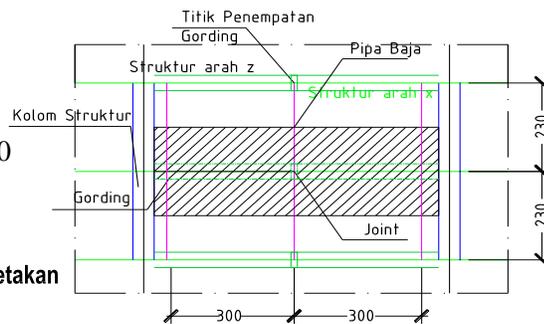
- Section Area (A) = 7.010 Cm<sup>2</sup>
- Unit Weight (W) = 5.500 Kg/m
- Momen Of Inertia (Ix) = 106.000 Cm<sup>4</sup>
- Momen Of Inertia (Iy) = 24.000 Cm<sup>4</sup>
- Modulus Plastis (Zx) = 21.300 Cm<sup>3</sup>
- Modulus Plastis (Zy) = 7.500 Cm<sup>3</sup>
- Modulus Penampang (Sx) = 21.300 Cm<sup>3</sup>
- Modulus Penampang (Sy) = 7.800 Cm<sup>3</sup>
- Tegangan leleh (fy) = 176.40 N/mm<sup>2</sup> = 1764.00 Kg/Cm<sup>2</sup>
- Tegangan tarik (Fu) = 333.20 N/mm<sup>2</sup> = 3332.00 Kg/Cm<sup>2</sup>
- Modulus Elastisitas (E) = 210000.00 N/mm<sup>2</sup>



Luas Tributari Atap :

$$\begin{aligned}
 A_T &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\
 &= 3.000 \times 2.300 \\
 &= 6.900 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Gambar 3. 2 Luas Tributari pada perletakan gording



**Akibat Beban Mati :**

- Berat Sendiri Gording = 5.500 Kg/m
  - Berat Penutup Atap = Jarak Antar Gording x Berat Penutup Atap  
= 2.300 m x 4.970 Kg/m<sup>2</sup>  
= 11.431 Kg/m
  - Jumlah Beban Mati Atap = Berat Sendiri Gording + Berat Penutup Atap  
= 5.500 + 11.431  
= 16.931 Kg/m
- Beban Sambungan (10%) = 10 % x Jumlah Beban Mati  
= 10 % x 16.931  
= 1.693 Kg/m
- Jumlah Total (G) = 16.931 + 1.693  
= 18.624 Kg/m

**3.2.2 Beban Hidup**

Beban hidup pada atap yang diakibatkan pada saat pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material. Beban hidup selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti taman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian. Untuk atap datar, berbubung, dan lengkung nilai beban hidup terdistribusi merata minimum  $L$  adalah 20 psf atau 0,96 kN/m<sup>2</sup> (Sumber : Tabel 4-1 SNI 1727-2013).

Di ketahui :

- Nilai rasio tinggi terhadap bentang ( $F$ )

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Tinggi Atap}}{\text{Bentang Atap}} \times 32 \\ &= \frac{6.000}{38.000} \times 32 \\ &= 5.053 \end{aligned}$$

▪ Faktor Reduksi 1 ( $R_1$ ) :

$$= 1 \quad \text{Untuk } A_T \leq 18,58 \text{ m}^2$$

$$R_1 = 1,2 - 0,011 \cdot A_T \quad \text{Untuk } 18,58 \text{ m}^2 < A_T < 55,74 \text{ m}^2$$

$$= 0.6 \quad \text{Untuk } A_T \geq 55,74 \text{ m}^2$$

Maka Faktor reduksi 1 ( $R_1$ ) dengan  $A_T = 6.90 \text{ m}^2$ , digunakan  $= 1$

▪ Faktor Reduksi 2 ( $R_2$ ) :

$$= 1 \quad \text{Untuk } F \leq 4$$

$$R_2 = 1,2 - 0,05 \cdot F \quad \text{Untuk } 4 < F < 12$$

$$= 0.6 \quad \text{Untuk } F \geq 12$$

Maka Faktor reduksi 1 ( $R_2$ ) dengan  $F = 5,053$ , digunakan

$$\begin{aligned} R_2 &= 1,2 - 0,05 \cdot F \\ &= 1.2 - 0.050 \times 5.053 \\ &= 0.947 \end{aligned}$$

Reduksi pada beban hidup atap.

$$\begin{aligned} L_r &= L_0 \times R_1 \times R_2 \quad \text{-----} (2.2.2-2) \\ &= 0.96 \times 1.000 \times 0.947 \\ &= 0.909 \text{ kN/m}^2 \\ &= 90.947 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat beban hidup atap (*dalam kN/m<sup>2</sup>*)

$$0.58 \leq L_r \leq 0.96$$

$$0.58 \leq 0.909 \leq 0.96 \quad \text{-----} \text{ Ok}$$

berdasarkan ( SNI 1727-2013 tabel 4-1 ) untuk hunian atau penggunaan atap datar, berbubung dan atap lengkung dengan beban terpusat sebesar 0,96 kN atau 96 Kg. Karena fungsi struktur atap pada Terminal bandara tidak direncanakan untuk di bebani oleh orang sebagai hunian, hanya di bebani oleh pekerja atau pemadam kebakaran maka beban hidup pada atap di gunakan 96 Kg/Joint



### 3.2.3 Beban Air Hujan

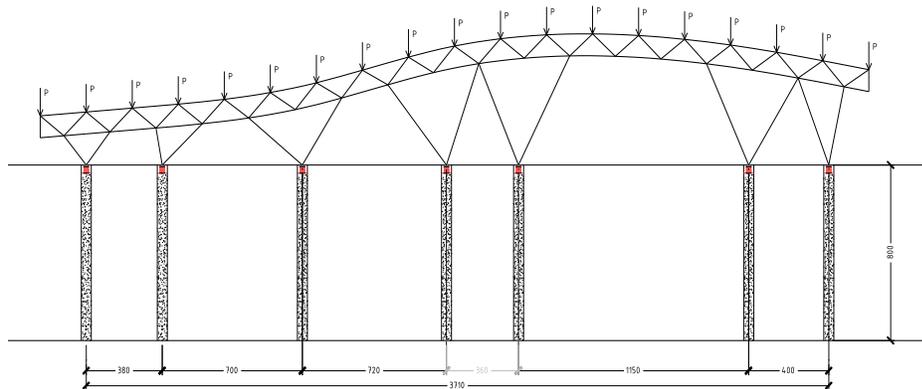
Direncanakan :

- Kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase skunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis) ( $ds$ ) = 10 mm
- Tambahan Kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk sistem drainase skunder pada aliran rencana (tinggi Hidrolik) ( $dh$ ) = 10 mm

$$\begin{aligned}
 R &= 0,0098 \times (ds + dh) \text{ ----- (2.2.3-1)} \\
 &= 0.0098 \times [ 10.00 + 10.00 ] \\
 &= 0.196 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 19.600 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban merata pada atap

$$\begin{aligned}
 R &= R \times \text{Jarak antar gording} \\
 &= 19.600 \times 2.300 \\
 &= 45.08 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 3. 3 Perletakan beban air hujan/ Hidup

SKALA 1 : 100  
Bandar Udara

### 3.2.4 Beban Angin

- Kategori Risiko Bangunan Gedung

**Tabel 3.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung**

Penggunaan Atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung Dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
<p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.</p>	III
<p>Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis<sup>a</sup>.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	IV

Sumber : SNI 1727-2013, Tabel 1.5-1

Dari tabel kategori risiko, untuk bangunan Terminal Bandara termasuk dalam kategori Resiko bangunan III

- Kecepatan Angin Dasar ( $V$ )

**Tabel 3.4 Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi Malang**

Ibukota Kabupaten	Cuaca	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (Km/Jam)	Arah Angin
Pacitan	Cerah Berawan	22 - 33	58 - 90	30	Tenggara
Ponorogo	Hujan Ringan	24 - 31	58 - 92	35	Tenggara
Trenggalek	Hujan Ringan	22 - 30	63 - 95	36	Tenggara
Blitar	Hujan Ringan	22 - 33	60 - 95	30	Timur
Kediri	Hujan Ringan	24 - 32	59 - 94	35	Tenggara
kepanjen	Hujan Ringan	23 - 30	61 - 95	35	Tenggara
Malang	Cerah Berawan	20 - 35	61 - 97	41	Timur
Lumajang	Hujan Ringan	24 - 31	57 - 94	35	Timur
Jember	Berawan	21 - 32	65 - 94	30	Tenggara

Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Malang (1 Knot = 0,514 m/s)

- Faktor Arah Angin ( $K_d$ )

**Tabel 3.5 Faktor Arah Angin ( $K_d$ )**

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d^*$
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1

Faktor Arah Angin  $K_d$  untuk atap Lengkung = 0.85

- Kategori Eksposur

Kategori kekasaran permukaan untuk daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat yang memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar termasuk dalam kategori *Eksposur B*

- Faktor Topografi  $K_{zt}$

Karena kondisi lokasi dan lokasi struktur tidak memenuhi persyaratan dalam SNI 1727-2013 maka faktor topografi menggunakan  $K_{zt} = 1.00$  (Persyaratan desain terdapat pada SNI 1727-2013 Pasal 26.8.1)

- Faktor Efek Tiupan Angin

Menentukan efek tiupan angin di tentukan berdasarkan jenis struktur nya berupa struktur kaku atau struktur fleksibel. Untuk menentukan struktur bangunan yang di desain struktur kaku atau struktur fleksibel adalah dengan menentukan frekuensi alami perkiraan, jika frekuensi alami perkiraan ( $n_a$ ) lebih besar atau sama dengan 1hz maka struktur tersebut dapat di kategorikan sebagai struktur kaku, namun jika  $n_a \leq 1$  hz maka struktur bangunan tersebut merupakan struktur fleksibel.

$$\begin{aligned}
 n_a &= \frac{75}{h} \\
 &= \frac{75}{14} \\
 &= 5.357 \text{ hz} > 1.00 \text{ hz} \text{ ----- Kaku}
 \end{aligned}$$

Karena struktur bangunan memiliki frekuensi alami lebih besar dari 1.00 hz maka faktor efek tiupan angin harus diambil sebesar 0,85

- Klasifikasi ketertutupan

Jenis strukur bangunan Terminal bandara merupakan bangunan yang tertutup penuh sehingga diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup.

- Koefisien Tekanan Internal

**Tabel 3.6 Koefisien Tekanan Internal, ( $GC_{pi}$ )**

Klasifikasi Ketertutupan	( $GC_{pi}$ )
Bangunan gedung terbuka	0
Bangunan gedung tertutup sebagian	0.55
	0.55
Bangunan gedung tertutup	+ 0.18
	+ 0.18

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 26.11-1

- Koefisien Tekanan Velositas

Berdasarkan kategori eksposur yang di tentukan koefisien Velositas  $K_z$  atau  $K_h$  sesuai dengan ketinggian di atas level tanah,  $z$  yang di dilihat pada tabel 4.3 dengan ekspour B ketinggian bangunan 15 m maka  $z$  harus interpolasi sebagai berikut :

Diketahui

- Tinggi rata - rata ( $h$ ) = 14.00 m
- Tinggi elevasi ( $z$ ) = 8.00 m

Koefisien eksposur Tekanan Velositas untuk angin pergi :

Tinggi ( $z$ )	Velositas $K_z$
$z_1 = 7.600$	$= 0.660$
$z_2 = 9.100$	$= 0.700$

$$K_{z.8 m} = 0.660 + \left[ \frac{8.000 - 7.600}{9.100 - 7.600} \right] \times 0.700 - 0.660$$

$$= 0.671$$

Koefisien eksposur Tekanan Velositas untuk angin datang :

$$K_{h \cdot 14 m} = 0.810$$

Tekanan Velositas untuk angin pergi :

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \text{ ----- (2.2.4-3)}$$

$$= 0.613 \times 0.671 \times 1.00 \times 0.85 \times 11.39^2$$

$$= 45.33 \text{ N/m}^2 \qquad = 4.533 \text{ Kg/m}^2$$

Tekanan Velositas untuk angin datang :

$$q_h = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \text{ ----- (2.2.4-3)}$$

$$= 0.613 \times 0.810 \times 1.00 \times 0.85 \times 11.39^2$$

$$= 54.75 \text{ N/m}^2 \qquad = 5.475 \text{ Kg/m}^2$$

- Koefisien Tekanan Eksternal Untuk Atap Lengkung

**Tabel 3.7 Koefisien Tekan Eksternal**

Kondisi	Rasio tinggi terhadap bentang, $r$	$C_p$		
		Di seperempat sisi angin datang	Pusat setengah	Di seperempat sisi angin pergi
Atap pada struktur terelevasi	$0 < r < 0,2$	-0,9	$-0,7 - r$	-0,5
	$0,2 \leq r < 0,3^*$	$1,5r - 0,3$	$-0,7 - r$	-0,5
	$0,3 \leq r \leq 0,6$	$2,75r - 0,7$	$-0,7 - r$	-0,5
Atap yang berada di permukaan tanah	$0 < r \leq 0,6$	$1,4r$	$-0,7 - r$	-0,5

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 27.4-3

Dimana  $r$  adalah rasio tinggi terhadap bentang

$$r = \frac{\text{Tinggi Atap}}{\text{Bentang Atap}} = \frac{6,00}{38,00} = 0,158$$

Apabila rasio tinggi-terhadap-bentang adalah  $0,2 \leq r \leq 0,3$ , Koefisien alternatif sebesar  $(6r - 2,1)$  harus di gunakan untuk di seperempat sisi angin datang. Maka untuk menentukan koefisien tekanan eksternal pada seperempat angin datang adalah  $6r - 2,1$

- Tekanan Angin ( $p$ )

Di ketahui :

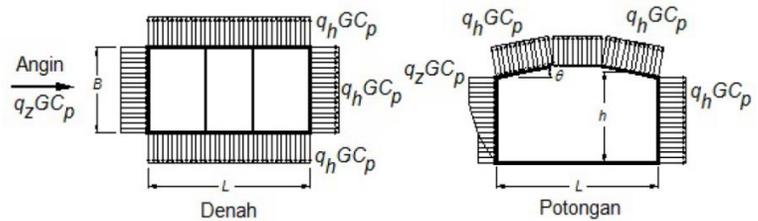
- Kategori Risiko Bangunan = Kategori III
- Kecepatan Angin Dasar ( $V$ ) = 41 Km/jam = 11.390 m/s
- Faktor Arah Angin ( $K_d$ ) = 0.85
- Kategori Ekspour = Ekspour B
- Faktor Topografi ( $K_{zt}$ ) = 1.00
- Faktor Efek Tiupan Angin ( $G$ ) = 0.85
- Klasifikasi Ketertutupan = Tertutup
- Koefisien tekanan internal ( $GC_{pi}$ ) =  $\pm 0.18$
- Tekanan Velositas ( $q$ )

$$(q_z) \text{ Angin datang} = 45.33 \text{ N/m}^2$$

$$(q_h) \text{ Angin pergi} = 54.75 \text{ N/m}^2$$

- Koefisien tekanan Eksternal ( $C_p$ ) untuk atap lengkung

$$\begin{aligned}
 (C_p) \text{ untuk } 1/4 \text{ angin datang} &= -0.90 \\
 (C_p) \text{ Pusat setengah} &= -0,7 - r = -0,7 - 0.16 = \pm 0.86 \\
 (C_p) \text{ untuk } 1/4 \text{ angin pergi} &= -0.50
 \end{aligned}$$



**Gambar 3.4 Koefisien Tekanan Eksternal**

Tekanan Angin di setengah angin datang :

$$\begin{aligned}
 P &= qh G. C_p - qh.(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2.4-4) \\
 &= 54.753 \times 0.85 \times 0.90 - 54.753 \times 0.18 \\
 &= 32.031 \text{ N/m}^2 \\
 &= 3.203 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan Angin pusat setengah bentang :

$$\begin{aligned}
 P &= qh. G. C_p - qh.(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2.4-4) \\
 &= 54.753 \times 0.85 \times 0.86 - 54.753 \times 0.18 \\
 &= 30.169 \text{ N/m}^2 \\
 &= 3.017 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

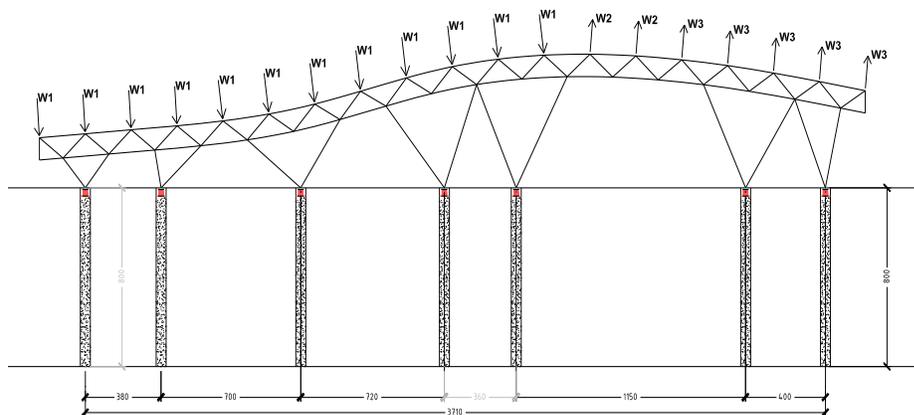
Tekanan Angin di seperempat angin pergi :

$$\begin{aligned}
 P &= qh. G. C_p - qh.(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2.4-4) \\
 &= 54.753 \times 0.85 \times 0.50 - 54.753 \times 0.18 \\
 &= 13.415 \text{ N/m}^2 \\
 &= 1.341 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

**Tabel 3.8 Beban Angin untuk Perencanaan Gording**

No	Bidang Angin	Jarak Gording type 1 (m)	Tekanan Angin Merata ( $Kg/m^2$ )	Beban Merata ( $Kg/m$ )
1	setengah angin datang	2.300 m	3.203	7.367
2	Pusat setengah angin datang	2.300 m	3.017	6.939
3	Angin di 1/4 angin pergi	2.300 m	1.341	3.085

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 3. 5 Perletakan beban Angin**

SKALA 1 : 100  
Bandar Udara

### 3.2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan (SNI 1727 - 2015 pasal 2.3.2) yang digunakan dalam metode desain Kekuatan/desain faktor beban dan ketahanan adalah sebagai berikut :

1. 1.4D
2. 1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr atau S atau R)
3. 1.2D + 1.6 (Lr atau S atau R) + (Lr atau 0.5W)
4. 1.2D + 1.0W + L + 0.5 (Lr atau S atau R)
5. 1.2D + 1.0E + L + 0.2S
6. 0.9D + 1.0W

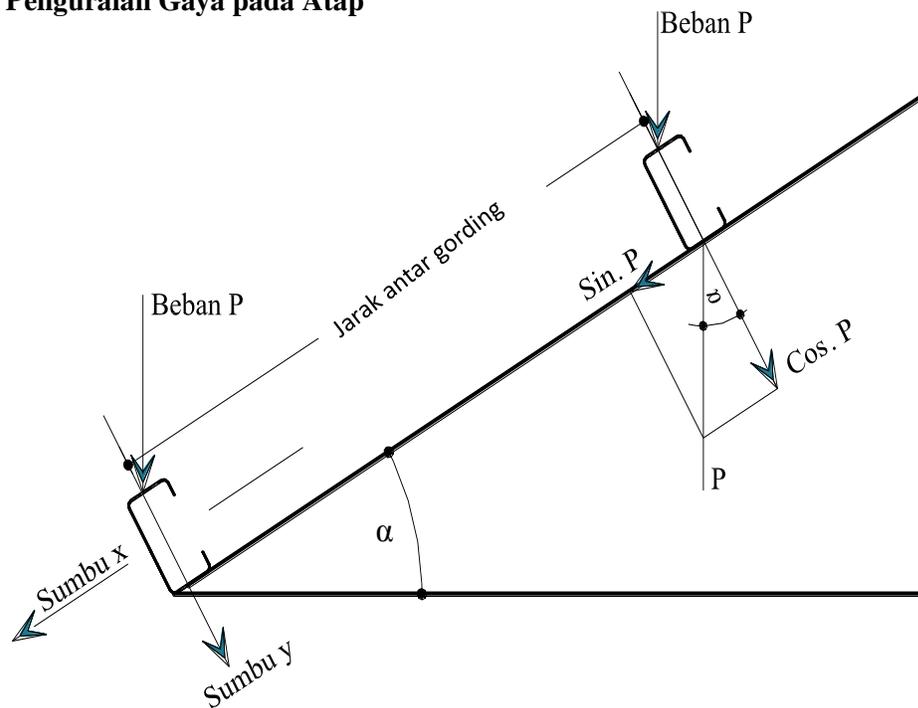


**Tabel 3.9 Beban yang terjadi pada gording**

No	Uraian	Panjang	Gording Untuk Atap
1	Beban mati (DLx)	3.000	18.624 Kg/m
2	Beban hidup (LLx)	3.000	90.947 Kg
3	Beban Air hujan (Rx)	3.000	45.080 Kg/m
4	Beban Angin datang (Atap)	3.000	7.367 Kg/m
5	Beban Angin pergi (Atap)	3.000	3.085 Kg/m

Sumber : Hasil Perhitungan

**Penguraian Gaya pada Atap**



**Gambar 3.6 Penguraian Beban pada Atap**

Contoh perhitungan pada beban mati pada gording atap

$$\begin{aligned}
 Px &= \text{Sina} \times P & Py &= \text{Cos} \alpha \times P \\
 &= \text{Sin } 4.413 \times 18.624 \text{ Kg} & &= \text{Cos } 4.413 \times 18.624 \text{ Kg} \\
 &= 1.433 \text{ Kg} & &= 18.569 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama, dan hasil perhitungan dapat di lihat pada tabel berikut :

**Tabel 3.10 Penguraian Gaya pada Gording Atap**

No	Sudut ( $\alpha$ )	Beban Sumbu X			Beban Sumbu Y			
		B. Mati (Kg/m)	B. Hidup (Kg)	B. Hujan (Kg/m)	B. Mati (Kg/m)	B. Hidup (Kg)	B. Hujan (Kg/m)	B. Angin
1	4.413 °	0.717	6.998	1.734	9.284	90.678	22.473	3.684
2	4.413 °	1.433	6.998	3.469	18.569	90.678	44.946	7.367
3	4.413 °	1.433	6.998	3.469	18.569	90.678	44.946	7.367
4	5.467 °	1.774	8.665	4.295	18.539	90.534	44.875	7.367
5	7.606 °	2.465	12.038	5.967	18.460	90.147	44.683	7.367
6	10.863 °	3.510	17.140	8.496	18.290	89.318	44.272	7.367
7	13.953 °	4.491	21.930	10.870	18.075	88.264	43.750	7.367
8	14.641 °	4.707	22.988	11.395	18.019	87.994	43.616	7.367
9	12.712 °	4.098	20.013	9.920	18.168	88.718	43.975	7.367
10	8.831 °	2.859	13.962	6.921	18.403	89.869	44.546	7.367
11	4.943 °	1.605	7.836	3.884	18.555	90.609	44.912	7.367
12	1.516 °	0.493	2.406	1.193	18.618	90.916	45.064	7.367
13	0.000 °	0.000	0.000	0.000	18.624	90.947	45.080	3.684
6	1.462 °	0.475	2.320	1.150	18.618	90.918	45.065	3.085
5	3.941 °	1.280	6.251	3.098	18.580	90.732	44.973	3.085
4	6.175 °	2.003	9.783	4.849	18.516	90.420	44.818	3.085
3	7.956 °	2.578	12.588	6.240	18.445	90.072	44.646	3.085
2	9.274 °	3.001	14.657	7.265	18.381	89.759	44.491	3.085
1	10.000 °	3.234	15.793	7.828	18.341	89.566	44.395	3.085

Sumber : Hasil Perhitungan

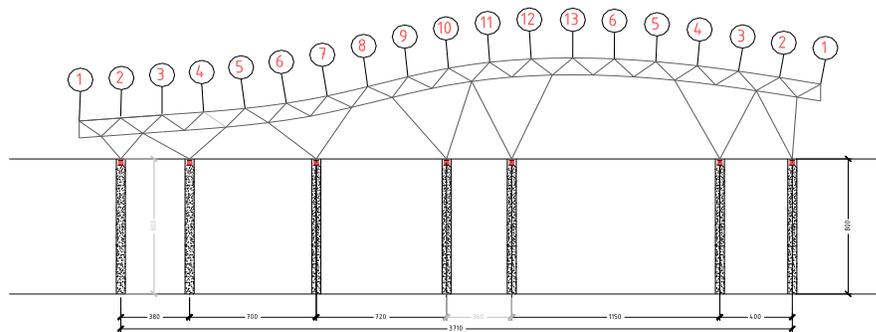
### 3.2.6 Analisa Gording

Gording dianggap sebagai gelagar menerus dengan panjang 63.00 m, yang terbagi atas 21 medan dengan panjang masing-masing medan 3.00 m. (Standart panjang baja Profil C yang digunakan dari PT. Gunung Raja Paksi panjang profil 6.00 m).

Gelagar menerus dapat di hitung dengan menggunakan Clapey-ron (Dalil momen tiga), Cross atau slope deflection untuk menganalisa momennya dan untuk menghitung lendutan dapat dihitung dengan menggunakan metode double integral, momen area, atau conjugate beam. Namun dalam pembahasan skripsi ini untuk mendapatkan momen dan lendutan dianalisa dengan menggunakan program bantu Staad Pro V8i.

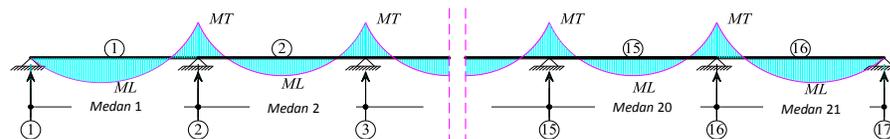
Lendutan yang di ijinkan (*SNI-03-1729-2002 Pasal 6.4.3*)

$$\begin{aligned} \Delta Ijin &= \frac{l}{240} \times l \\ &= \frac{1}{240} \times 3000.00 \\ &= 12.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

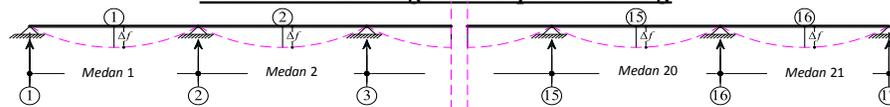


**Gambar 3. 7 Perletakan Penomoran Gording**

SKALA 1 : 100  
Bandar Udara



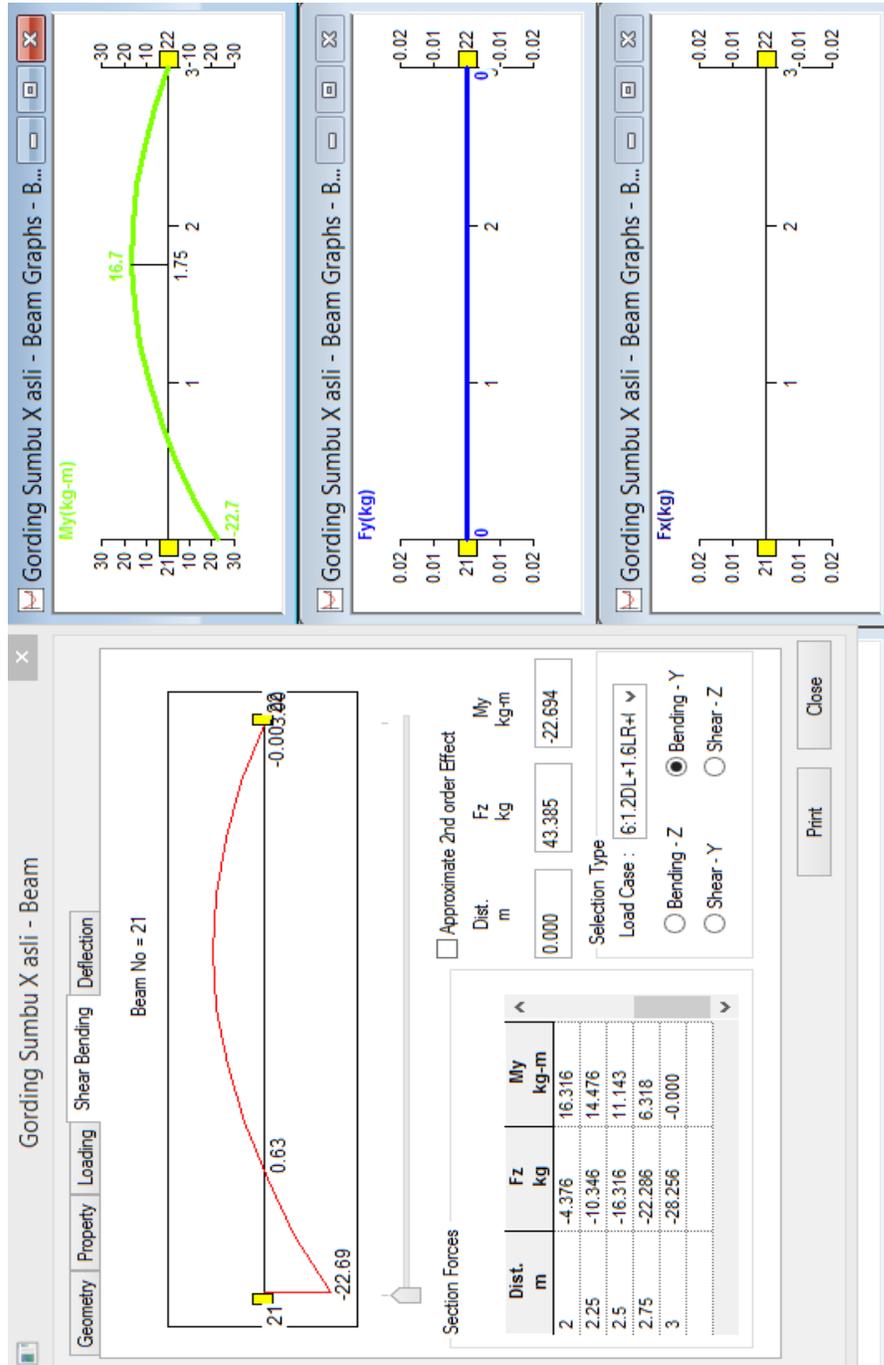
**Gambar 3.8 Bidang Momen pada Gording**



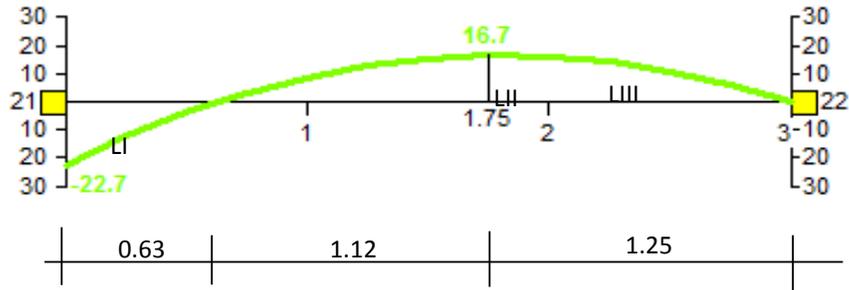
**Gambar 3.9 Lendutan pada Gording**

Contoh Perhitungan lendutan dengan metode momen area

- Sumbu x



SUMBU X



Menghitung luas

$$\begin{aligned} \text{LI} &= \frac{1}{3} \times 22.69 \times 0.63 \\ &= 4.765 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LII} &= \frac{2}{3} \times 16.70 \times 1.12 \\ &= 12.469 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LIII} &= \frac{2}{3} \times 16.70 \times 1.25 \\ &= 13.917 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mencari Reaksi

$$M_{\text{node22}} = \text{LI} (3/4 \times 0.63 + 2.37) - \text{LII} (3/8 \times 1.12 + 1.25) -$$

$$\text{LIII} (5/8 \times 1.25) + R_{\text{node21}} \times 3$$

$$0 = 13.5 - 20.82 - 10.87 - R_{\text{node22}} \times 3$$

$$R_{\text{node21}} = \frac{-18.15}{-3.000} = 6.051 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{node21}} = 22.69 \text{ Kg m}$$

$$M_{\text{node21}} = \text{LI} ( 1/4 \times 0.63 ) - \text{LII} ( 5/8 \times 1.12 + 0.63 ) -$$

$$\text{LIII} ( 3/8 \times 1.25 + 1.75 ) + R_{\text{node22}} \times 3$$

$$22.69 = 0.75 - 16.58 - 30.88 - R_{\text{node22}} \times 3$$

$$R_{\text{node22}} = \frac{-69.40}{-3.000} = 23.134 \text{ Kg}$$

#### Perhitungan Lendutan

$$\text{Modulus Elastisitas } (E) = 210000.00 \text{ N/mm}^2 = 21000.00 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Panjang Sambungan } (I) = 24.000 \text{ Cm}^4 = 240000.00 \text{ mm}^4$$

$$EI = 5040000000.00 \text{ mm}$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = R_{\text{node21}} \times 1.75 + \text{LI} ( 3/4 \times 0.63 + 1.12 ) - \text{LII} ( 3/8 \times 1.12 )$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = 6.051 \times 1.750 + 4.765 \times 1.59 - 12.469$$

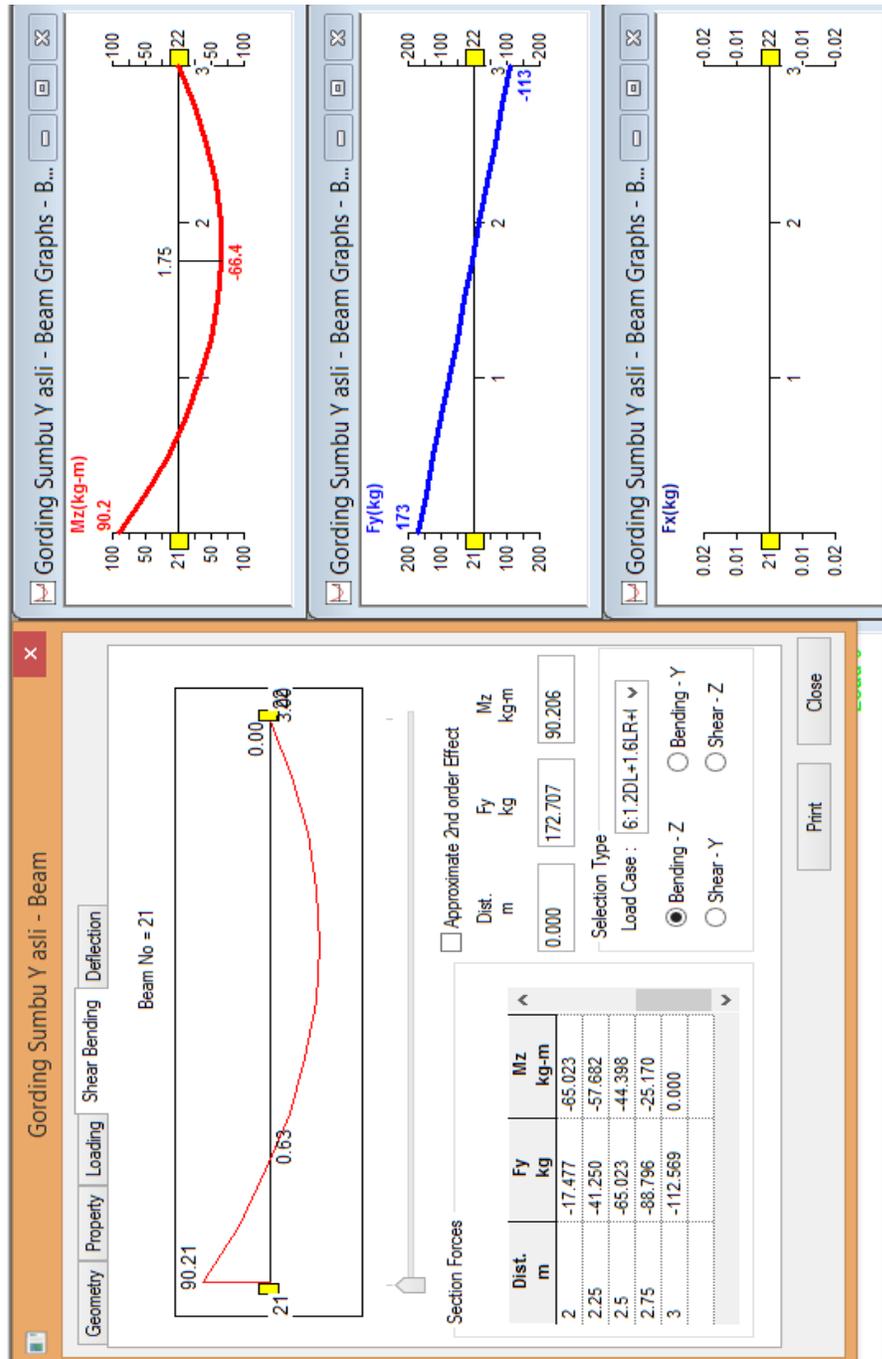
$$\times 0.420$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = 12.940$$

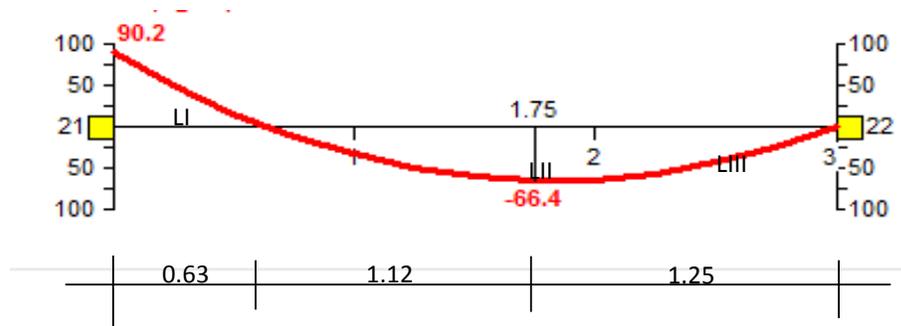
$$\delta_{\text{max}} = \frac{12939623229.2}{5040000000} = 2.567 \text{ mm}$$

Contoh Perhitungan lendutan dengan metode momen area

- Sumbu Y



SUMBU Y



menghitung luas

$$LI = \frac{1}{3} \times 90.21 \times 0.63$$

$$= 18.944 \text{ m}^2$$

$$LII = \frac{2}{3} \times 66.40 \times 1.12$$

$$= 49.579 \text{ m}^2$$

$$LIII = \frac{2}{3} \times 66.40 \times 1.25$$

$$= 55.333 \text{ m}^2$$

Mencari Reaksi

$$M_{\text{node22}} = LI (3/4 \times 0.63 + 2.37) - LII (3/8 \times 1.12 + 1.25) -$$

$$LIII (5/8 \times 1.25) + R_{\text{node21}} \times 3$$

$$0 = 53.8 - 82.80 - 43.23 - R_{\text{node22}} \times 3$$

$$R_{\text{node21}} = \frac{-72.18}{-3.000} = 24.059 \text{ Kg}$$



$$M_{\text{node21}} = 90.21 \text{ Kg m}$$

$$M_{\text{node21}} = \text{LI} ( 1/4 \times 0.63 ) - \text{LII} ( 5/8 \times 1.12 + 0.63 ) - \text{LIII} ( 3/8 \times 1.25 + 1.75 ) + R_{\text{node22}} \times 3$$

$$90.21 = 2.98 - 65.94 - 122.77 - R_{\text{node22}} \times 3$$

$$R_{\text{node22}} = \frac{-275.9}{-3.000} = 91.979 \text{ Kg}$$

#### Perhitungan Lendutan

$$\text{Modulus Elastisitas ( E )} = 210000.00 \text{ N/mm}^2 = 21000.00 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Panjang Sambungan ( I )} = 106.000 \text{ Cm}^4 = 1060000.00 \text{ mm}^2$$

$$EI = 22260000000.00 \text{ mm}$$

$$EI. \delta_{\text{max}} = R_{\text{node21}} \times 1.75 + \text{LI} ( 3/4 \times 0.63 + 1.12 ) - \text{LII} ( 3/8 \times 1.12 )$$

$$EI. \delta_{\text{max}} = 24.059 \times 1.750 + 18.944 \times 1.593 - 49.579 \times 0.420$$

$$EI. \delta_{\text{max}} = 76.395$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{76394805189.4}{22260000000} = 3.432 \text{ mm}$$

#### Kontrol Lendutan

$$\Delta n = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \text{ terhadap } \Delta \text{ijin} = 12.5 \text{ mm}$$

$$\Delta x = 2.57 \text{ mm} \quad \Delta n = \sqrt{2.567^2 + 3.432^2}$$

$$\Delta y = 3.43 \text{ mm} \quad \Delta n = 4.29 \text{ mm}$$

$$\Delta n = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} < \Delta \text{Ijin} = \frac{l}{240} \times l$$

$$4.29 \text{ mm} < 12.50 \text{ mm} \text{ ..... Aman}$$

Maka dari hasil lendutan terhadap arah x dan y menggunakan perhitungan momen area didapatkan nilai lendutan yang terjadi, Dari hasil nilai lendutan terjadi dibandingkan dengan lendutan ijin (SNI-03-1729-2002 Pasal 6.4.3)

**Tabel 3.11 Nilai Momen dan Lendutan Gording Atap**

No	Sudut ( $\alpha$ )	Momen (Kg.m)		Lendutan		Lendutan (mm)	$\Delta_{ijin}$ =12.5 mm
		Arah X	Arah Y	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\Delta n = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	
1	4.413 °	3.455	46.450	0.390	1.768	1.810	Aman
2	4.413 °	6.910	92.900	0.779	3.536	3.621	Aman
3	4.413 °	6.910	92.900	0.779	3.536	3.621	Aman
4	5.467 °	8.520	92.700	0.962	3.531	3.660	Aman
5	7.606 °	11.900	92.300	1.342	3.515	3.762	Aman
6	10.863 °	16.920	91.500	1.906	3.484	3.971	Aman
7	13.953 °	21.650	90.500	2.444	3.442	4.221	Aman
8	14.641 °	22.690	90.210	2.567	3.432	4.286	Aman
9	12.712 °	19.800	90.900	2.229	3.458	4.114	Aman
10	8.831 °	13.800	92.100	1.553	3.504	3.833	Aman
11	4.943 °	7.862	92.800	0.853	3.533	3.635	Aman
12	1.516 °	1.728	96.832	0.274	3.542	3.553	Aman
13	0.000 °	0.000	93.120	0.000	3.547	3.547	Aman
6	1.462 °	1.583	96.982	0.287	3.462	3.474	Aman
5	3.941 °	5.321	93.326	0.673	3.458	3.523	Aman
4	6.175 °	9.542	92.650	1.132	3.448	3.629	Aman
3	7.956 °	12.431	92.120	1.381	3.432	3.699	Aman
2	9.274 °	14.517	91.800	1.732	3.422	3.835	Aman
1	10.000 °	16.920	91.500	1.906	3.417	3.913	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimensi Gording C<sub>100x50x20x3,2</sub>

$$\begin{aligned}
 H &= 100.00 \text{ mm} \\
 B &= 50.00 \text{ mm} \\
 C &= 20.00 \text{ mm} \\
 t &= 3.20 \text{ mm} \\
 r_o &= 3.00 \text{ mm} \\
 C_y &= 1.86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Klasifikasi penampang untuk Kontrol plat sayap :**

$$\begin{aligned}
 \lambda_f &= \frac{b}{t} \\
 &= \frac{b - 2 \times (r_o + t)}{t} \\
 &= \frac{50.00 - 2 \times (3.00 + 3.20)}{3.20} \\
 &= 11.750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_p &= 0.380 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (\text{SNI 1729-2015 Tabel B4.1b}) \\
 &= 0.380 \times \sqrt{\frac{210000.00}{176.40}} \\
 &= 13.111
 \end{aligned}$$

Kontrol Klasifikasi Penampang :

$$\begin{aligned}
 \lambda_f &< \lambda_p \dots\dots\dots \text{Kompak} \\
 11.750 &< 13.111 \dots\dots\dots \text{Kompak}
 \end{aligned}$$

**Klasifikasi penampang untuk Kontrol plat Badan :**

$$\begin{aligned}
 \lambda_f &= \frac{h - (2 \times (t + R))}{t} \\
 &= \frac{100.00 - 2 \times (3.20 + 3.00)}{3.20} \\
 &= 29.250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 3.760 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (SNI 1729-2015 Tabel B4.1b) \\ &= 3.760 \times \sqrt{\frac{210000.00}{176.40}} \\ &= 129.732 \end{aligned}$$

Kontrol Klasifikasi Penampang :

$$\begin{aligned} \lambda_f &< \lambda_p \dots\dots\dots \text{Kompak} \\ 29.250 &< 129.732 \dots\dots\dots \text{Kompak} \end{aligned}$$

Penampang Dinyatakan kompak pada plat sayap.

Kontrol lentur arah x

$$\begin{aligned} M_u &\leq \Phi \cdot M_n \\ 22.690 \text{ Kg.m} &\leq 0.9 \times Z_y \times f_y \\ 22.690 \text{ Kg.m} &\leq 0.9 \times 7.500 \times 1764.00 \\ 22.690 \text{ Kg.m} &\leq 11907.000 \text{ Kg.Cm} \\ 22.690 \text{ Kg.m} &\leq 119.070 \text{ Kg.m} \dots\dots\dots \text{Ok} \end{aligned}$$

Kontrol lentur arah y

$$\begin{aligned} M_u &\leq \Phi \cdot M_n \\ 96.832 \text{ Kg.m} &\leq 0.9 \times Z_x \times f_y \\ 96.832 \text{ Kg.m} &\leq 0.9 \times 21.300 \times 1764.00 \\ 96.832 \text{ Kg.m} &\leq 33815.880 \text{ Kg.Cm} \\ 96.832 \text{ Kg.m} &\leq 338.159 \text{ Kg.m} \dots\dots\dots \text{Ok} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} &< 1.00 \\ \frac{22.690}{119.070} + \frac{96.832}{338.159} &< 1.00 \\ 0.477 &< 1.00 \dots\dots\dots \text{Ok} \end{aligned}$$

### 3.2.7 Pembebanan Pada Joint

Diketahui :

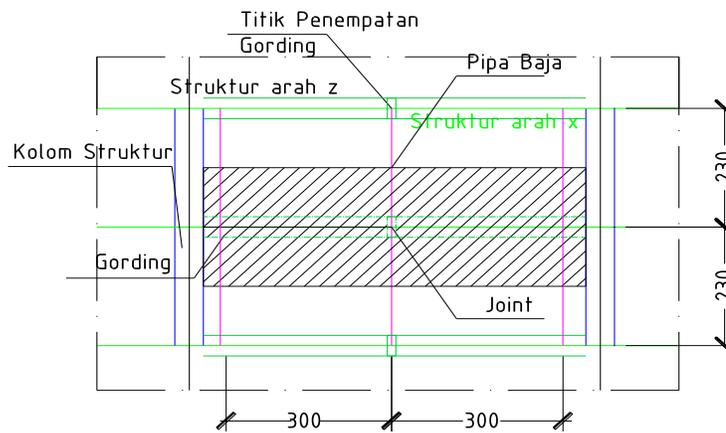
- Jarak Antar Gording Atap = 2.300 m
  - Panjang gording = 3.000 m
  - Berat Atap Klip-Lok™ 700 = 4.970 Kg/m<sup>2</sup>
  - Dimensi Gording = C<sub>100 x 50 x 20 x 3,2</sub>
- Berat Gording = 5.500 Kg/m

#### 1. Beban Mati

##### Berat Penutup Atap

Beban terpusat untuk penutup atap

$$\begin{aligned} D_{Atap} &= L_r \times A_T \\ &= 4.970 \times 6.900 \\ &= 34.293 \text{ Kg/Joint} \end{aligned}$$



**Gambar : 3.10 Letak Area Tributari Atap**

##### Berat Gording

$$\begin{aligned} D_{Gording} &= \text{Berat Gording} \times \text{Panjang Gording} \\ &= 5.500 \times 3.000 \\ &= 16.500 \text{ Kg/Joint} \end{aligned}$$

Jumlah Beban Mati pada atap

$$\begin{aligned} DL &= \text{Berat Penutup Atap} + \text{Berat Gording} \\ &= 34.293 + 16.500 \\ &= 50.793 \text{ Kg/Joint} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Sambungan (10\%)} &= 10 \% \times \text{Jumlah Beban Mati} \\ &= 10 \% \times 50.793 \\ &= 5.079 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DL_{Total} &= 50.793 + 5.079 \\ &= 55.872 \text{ Kg/Joint} \end{aligned}$$

## 2. Beban Hidup

Karena fungsi struktur atap pada Terminal Kedatangan tidak direncanakan untuk di bebani oleh orang sebagai hunian, hanya di bebani oleh pekerja atau pemadam kebakaran maka beban hidup pada atap di gunakan 96 Kg/Joint. Maka setelah di reduksi maka beban hidup adalah :

$$LL = 90.947 \text{ Kg/m}^2$$

## 3. Beban Air Hujan

Beban Terpusat pada atap

$$\begin{aligned} R &= R \times A_T \\ &= 19.60 \times 6.900 \\ &= 135.240 \text{ Kg} \end{aligned}$$

## 4. Beban Angin

***Tabel 3.12 Beban Angin Pada Joint***

No	Bidang Angin	Luas Tributari ( $m^2$ )	Beban Angin Merata ( $Kg/m^2$ )	Beban Angin Terpusat (Kg)
1	Angin di 1/4 angin datang	6.900	3.203	22.101
2	Pusat setengah angin datang	6.900	3.017	20.817
3	Angin di 1/4 angin pergi	6.900	1.341	9.256

Sumber : Hasil Perhitungan

## 5. Beban Mekanikal dan Elektrikal

Beban mekanikal elektrikal merupakan berupa beban plambing, kabel, lampu, stop kontak, dan lain lain yang berupa beban mekanikal dan elektrikal, maka bebannya di asumsikan sebagai berikut :

- Mekanikal dan Elektrikal = 15.00 Kg/Joint

## 6. Beban Sambungan Mero Sistem

Direncanakan :

### • Berat Ball Joint

Diasumsikan menggunakan ball Joint :

- Diameter Ball Joint = N 110

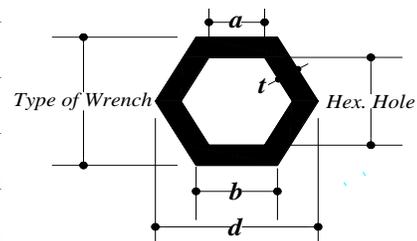
$$\begin{aligned} \text{Volume Ball Joint} &= \frac{4}{3} \times 3.1 \times r^3 \\ &= \frac{4}{3} \times 3.14 \times 0.055^3 \\ &= 0.00070 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Ball Joint} &= \text{Volume Ball Joint} \times \text{Berat Volume Baja} \\ &= 0.00070 \times 7850.00 \\ &= 5.46797 \text{ Kg} \end{aligned}$$

### • Berat Hexagon

Diasumsikan menggunakan Hexagon = H75 x 41- 32

- Insert to Node = 45.00 mm
- Conus Insert = 30.00 mm
- Hexagon Length = 75.00 mm
- Type Of Wrench = 41.00 mm
- Hex Hole = 32.00 mm



Maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a &= \left( \frac{0.5 \times \text{Hex Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-1) \\
 &= \left( \frac{0.5 \times 0.0320}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 0.0185 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left( \frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-2) \\
 &= \left( \frac{0.5 \times 0.0410}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 0.0237 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \text{-----} (2.5.3-3) \\
 &= 0.5 \times 0.041 - 0.032 \\
 &= 0.0045 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \text{-----} (2.5.3-4) \\
 &= 6.00 \times \frac{0.018 + 0.024}{2} \times 0.0045 \\
 &= 0.000569 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

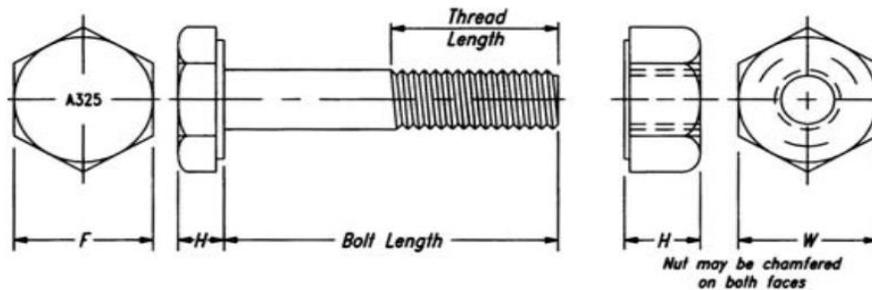
- Volume Kexagon = *Luas Penampang x Panjang*  
 = 0.00057 x 0.0750  
 = 0.00004 m<sup>3</sup>

- Berat Hexsagon 1 = *n x Volume Hexagon x Berat Volume Baja*  
 = 8 x 0.0000427 x 7850.00  
 = 2.67989 Kg



- Berat Hexagon 2 =  $n \times Volume\ Hexagon \times Berat\ Volume\ Baja$   
 =  $10 \times 0.000043 \times 7850.00$   
 = 4.01983 Kg

• **Berat Baut**



**Gambar 3.11 Ukuran Baut Berdasarkan ASTM 325 & ASTM 490**

Diasumsikan menggunakan baut dengan tipe M30

Diketahui :

- $f = 5.558$  Cm
- $H = 2.143$  Cm
- $BL = 14.715$  Cm
- $\varnothing = 3.493$  Cm

Menghitung Berat Kepala Baut

- Panjang Sisi ( $S$ ) =  $\frac{0.50 \times f}{\cos \alpha}$   
 =  $\frac{0.50 \times 5.558}{\cos 30}$   
 = 3.2089 Cm

- Volume Kepala Baut =  $\frac{3\sqrt{3}}{2.00} \times S^2 \times H$   
 =  $\frac{3\sqrt{3}}{2.00} \times 0.03209^2 \times 0.0214$   
 = 0.0000573 m<sup>3</sup>

- Volume Batang baut =  $0.25 \times 3.14 \times d^2 \times L$   
=  $0.25 \times 3.14 \times 0.0349^2 \times 0.147$   
=  $0.0001409 \text{ m}^3$
- Volume Buah Baut = *Volume Kepala Baut + Volume Batang Baut*  
=  $0.0000573 + 0.0001409$   
=  $0.0001983 \text{ m}^3$
- Berat baut 1 =  $n \times \text{Volume Baut} \times \text{Berat Volume Baja}$   
=  $8 \times 0.0002 \times 7850.00$   
=  $12.45128 \text{ Kg}$
- Berat baut 2 =  $n \times \text{Volume Baut} \times \text{Berat Volume Baja}$   
=  $10 \times 0.0002 \times 7850.00$   
=  $18.67691 \text{ Kg}$
- Beban Mati Joint 1 = *Berat Ball Joint + Berat Hexagon + Berat Baut*  
=  $5.4680 + 2.6799 + 12.45128$   
=  $20.599 \text{ Kg}$
- Beban Mati Joint 2 = *Berat Ball Joint + Berat Hexagon + Berat Baut*  
=  $5.4680 + 4.0198 + 18.67691$   
=  $28.165 \text{ Kg}$

***Tabel 3.13 Pembebanan Pada Struktur***

No	Uraian	Beban Terpusat (Kg)
1	Beban Mati Pada Atap	55.872
2	Beban Hidup	90.947
3	Beban Air Hujan	135.240
4	Beban Angin pada 1/4 angin datang	22.101
5	Pusat setengah angin datang	20.817
6	Beban Angin pada 1/4 angin Pergi	9.256
7	Beban Mekanikal dan Elektrikal	15.000
8	Beban Sambungan Mero Sistem 1	20.599
9	Beban Sambungan Mero Sistem 2	28.165

Sumber : Hasil Perhitungan

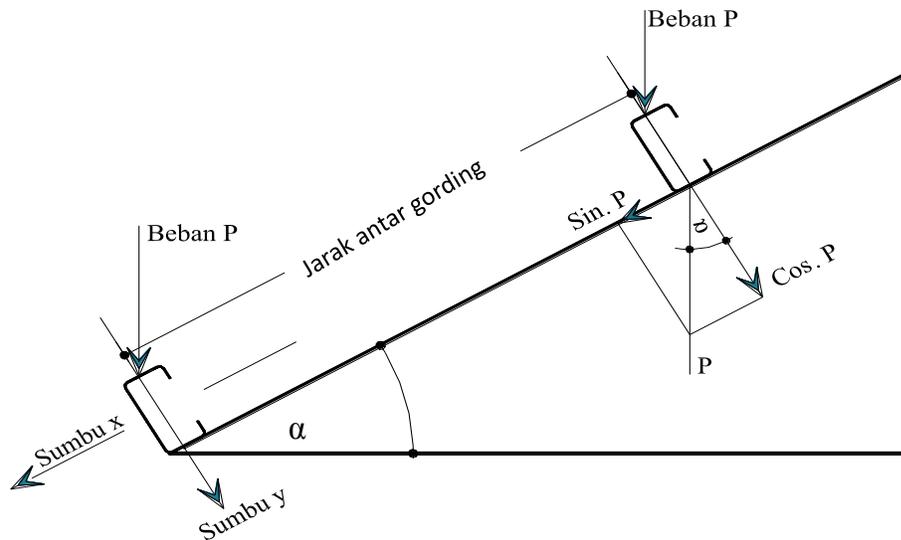
## 4.2 Analisa Perletakan Gording

Untuk perletakan gording pada ball joint disambung dengan menggunakan baja profil L dan di tumpu oleh hexagon untuk meneruskan gaya tekan ke ball joint.

Diketahui beban gording atap :

- Sudut Kemiringan atap =  $0^\circ - 14.461^\circ$
  - Beban mati = 55.872 Kg
  - Air hujan = 135.240 Kg
- $\text{Jumlah gaya tekan} = \underline{\hspace{2cm}} +$   
 = 191.112 Kg

Penguraian Gaya Pada Gording Atap :



**Gambar : 4.1 Arah Penguraian Gaya**

Gaya Arah X (gaya geser)

$$\begin{aligned}
 Px &= \text{Sin} \alpha \times P \\
 &= \text{Sin } 0.00 \quad \times \quad 191.11 \text{ Kg} \\
 &= 0.000 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah X (gaya geser)

$$\begin{aligned}
 Px &= \text{Sin} \alpha \times P \\
 &= \text{Sin } 4.41 \quad \times \quad 191.11 \text{ Kg} \\
 &= 14.705 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah y (gaya Tekan)

$$\begin{aligned}
 P_y &= \text{Cos} \alpha \times P \\
 &= \text{Cos } 0.0 \times 191.11 \text{ Kg} \\
 &= 191.112 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- Beban angin tekan = 22.101 Kg
- Beban angin Hisap = 9.256 Kg

Gaya Arah y (gaya Tekan)

$$\begin{aligned}
 P_y &= \text{Cos} \alpha \times P \\
 &= \text{Cos } 4.4 \times 191.11 \text{ Kg} \\
 &= 190.546 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.9 Gaya untuk Mendesain Tumpuan Gording Atap**

No	Uraian	Gaya Tekan (Kg)	Gaya Geser (Kg)	Angin Tekan (Kg)	Angin Hisap (Kg)
1	Beban Gording ( $0^0$ )	191.112	0.000	22.101	9.256
	Beban Gording ( $14.461^0$ )	190.546	14.705	22.101	9.256
<i>Diambil yang maksimum</i>		191.112	14.705	22.101	9.256

Sumber : Hasil Perhitungan

Gording atap dan gording dinding direncanakan menggunakan tumpuan yang sama, sehingga gaya yang di gunakan untuk mendesain dimensi tumpuan gording diambil gaya yang paling besar yang terjadi.

Digunakan baja profil  $L_{60 \times 60 \times 4}$  sebagai perletakan gording.

- Kegunaan = Tempat perletakan gording
- Standar Kualitas = JIS G 3101 - SS 400
- Tegangan Leleh ( $F_y$ ) =  $2200 \text{ Kg/Cm}^2$  -  $2500 \text{ Kg/Cm}^2$   
Digunakan :  $F_y = 2400.00 \text{ Kg/Cm}^2$

**• Perencanaan Baut dan Hexagon**

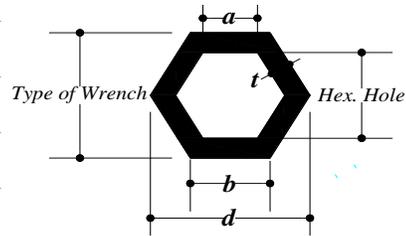
Direncanakan Menggunakan baut =  $M_{10 \times 50}$

Tipe Hexagon =  $H25_{x17-11}$

(Ditentukan dari tabel Allowable/maximum Compression forces for design of Hexagon with safety factor of 0,5 pada lampiran)

Keterangan Design :

- Insert to Node = 15.00 mm
- Conus Insert = 10.00 mm
- Hexagon Length = 25.00 mm
- Type Of Wrench = 17.00 mm
- Hex Hole = 11.00 mm
- Tegangan Leleh ( $F_y$ ) = 3500.00 Kg/Cm<sup>2</sup>



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H25 x 17 - 11

$$a = \left( \frac{0.5 \times \text{Hex. Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-1)$$

$$= \left( \frac{0.5 \times 1.1000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0.635 \text{ Cm}$$

$$b = \left( \frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-2)$$

$$= \left( \frac{0.5 \times 1.7000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0.981 \text{ Cm}$$

$$t = 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.5.3-3)$$

$$= 0.5 \times 1.700 - 1.100$$

$$= 0.300 \text{ Cm}$$

$$A = 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.5.3-4)$$

$$= 6.00 \times \frac{0.635 + 0.981}{2} \times 0.3000$$

$$= 1.455 \text{ Cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\tan 30^\circ \times 0.5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \quad \text{-----} (2.5.3-5) \\
 &= 0.981 + [\tan 30^\circ \times 0.5 \times 1.7] \times 2 \\
 &= 1.9630 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H25 x 17 - 11

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times F_y \times A_g \quad \text{-----} (2.5.3-6) \\
 &= 0,90 \times 2400,00 \times 1.455 \\
 &= 3142.632985
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

$$\begin{aligned}
 P \text{ Max. Rencana} &> P \text{ Max. Terjadi} \\
 3142.633 \text{ Kg} &> 213.214 \text{ Kg} \quad \text{-----} \quad \mathbf{Ok}
 \end{aligned}$$

#### Perhitungan tebal Conus

- Diameter ( $\phi$ ) Luar = 49.63 mm
- Diameter ( $\phi$ ) Dalam = 45.03 mm
- Wall Thickness ( $t$ ) = 2.30 mm
- Tegangan Leleh ( $F_y$ ) = 240 MPa

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned}
 tw_c &= \frac{\phi \cdot P_{max}}{F_y} \quad \text{-----} (2.5.2-2) \\
 &= \frac{0,9 \times 213,21}{240} \\
 &= 0.800 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned} A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 - 0.25 \times 3.14 \times \text{ØID}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 49.63 - 0.25 \times 3.14 \times 45.03^2 \\ &= 1933.562 - 1591.75 \\ &= 341.82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned} A_{Perlu} &\leq A_{Desain} \\ 0.800 \text{ mm}^2 &\leq 341.82 \text{ mm}^2 \text{ ----- Ok} \end{aligned}$$

#### • Perencanaan Baut

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (*DFBK*) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desai sebagai berikut :

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn \text{----- (2.5.4-2)}$$

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut ( $\emptyset$ ) = 10.00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10.000^2 \\ &= 78.5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \text{----- (2.5.4-1)} \\ &= 620.00 \times 78.50 \\ &= 48670.00 \text{ N} \\ &= 4867.00 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$Ru \leq \Phi.Rn$$

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$9.256 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 4867.000 \text{ Kg}$$

$$9.256 \text{ Kg} \leq 3650.2500 \text{ Kg} \text{ -----} Ok$$

Kuat Geser rencana baut :

$$Rn = Fnt \times Ab \text{ -----} (2.4.2-1)$$

$$= 457.00 \times 78.50$$

$$= 35874.50 \text{ N}$$

$$= 3587.45 \text{ Kg}$$

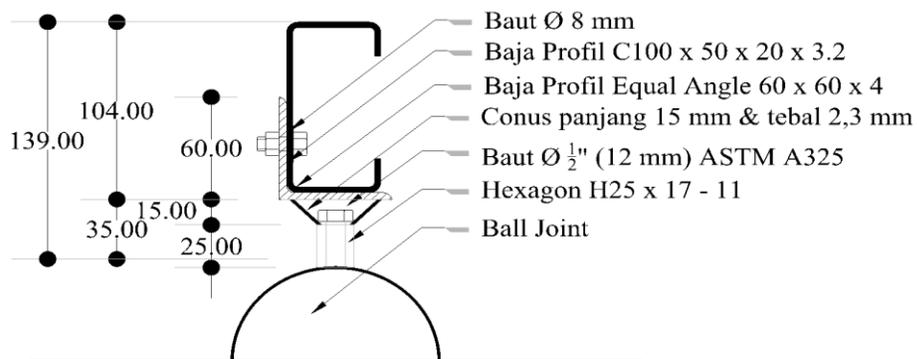
Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$Ru \leq \Phi. Rn$$

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$14.705 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 3587.450 \text{ Kg}$$

$$14.705 \text{ Kg} \leq 2690.5875 \text{ Kg} \text{ -----} Ok.$$



**Gambar : 4.2 Detail Tumpuan Gording**



### 4.3 Analisa Sambungan Gording Menerus

Panjang gording yang digunakan adalah 63,00 m, dan panjang baja Lipped Channel memiliki panjang 6,00 m (Tabel Baja Lipped Channal dari PT. Gunung Raja Paksi), sehingga gording harus di sambung untuk mendapatkan panjang yang direncanakan.

Dalam penguraian gaya, gaya arah X menjadi gaya tarik ( $P_u$ ), gaya arah Y menjadi gaya geser, sehingga gording dianalisa pada gording yang menerima gaya paling besar yaitu pada gording No. 8.

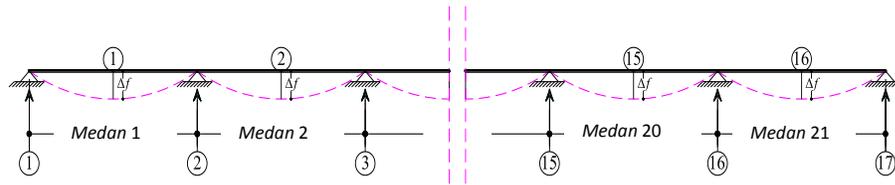
**Tabel 4.10 Gaya yang Terjadi pada Gording Atap No. 8**

Nomor Joint	Nomor Batang	Load Cases	Geser akibat beban		Momen akibat beban	
			Arah X (Kg)	Arah Y (Kg)	Arah X (Kg.m)	Arah Y (Kg.m)
3	2	1,2DL+1,6Lr+0,5W	33.821	134.675	16.654	66.317
	3	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.291	140.529	16.654	66.317
5	4	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.961	142.079	17.822	70.968
	5	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.783	142.490	17.822	70.968
7	6	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.830	142.599	17.904	71.294
	7	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.818	142.627	17.904	71.294
9	8	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.820	142.635	17.910	71.317
	9	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.820	142.637	17.910	71.317
11	10	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.821	142.638	17.910	71.319
	11	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.821	142.638	17.910	71.319
13	12	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.821	142.638	17.910	71.319
	13	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.821	142.639	17.910	71.319
15	14	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.821	142.641	17.912	71.325
	15	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.823	142.648	17.912	71.325
17	16	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.830	142.677	17.934	71.412
	17	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.858	142.876	17.934	71.412
19	18	1,2DL+1,6Lr+0,5W	35.961	143.196	18.243	72.644
	19	1,2DL+1,6Lr+0,5W	36.350	140.529	18.243	72.644

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka digunakan gaya paling besar yang terjadi :

- Gaya Geser ( $V_u$ ) = 143.196 Kg
- Gaya Tarik ( $P_u$ ) = 36.350 Kg
- Momen ( $M_{ux}$ ) = 18.243 Kg.m
- Momen ( $M_{uy}$ ) = 72.644 Kg.m



**Gambar 4.3 Nomor Joint dan Beam**

Sambungan direncanakan menggunakan las.

Direncanakan pelat penyambung :

- Tegangan Leleh pelat ( $F_y$ ) = 245.00 MPa
- Tegangan Tarik pelat ( $F_u$ ) = 450.00 MPa
- Modulus Elastisitas ( $E$ ) = 210000 MPa
- Tebal pelat ( $t_{pf}$ ) = 3.200 mm
- Lebar pelat sayap ( $w_n$ ) =  $b - 2 \times (r_o + t)$   
 $= 50.000 - 2 \times (3.00 + 3.20)$   
 $= 37.600 \text{ mm}$
- Lebar pelat badan ( $w_n$ ) =  $b - 2 \times (r_o + t)$   
 $= 100.000 - 2 \times (3.00 + 3.20)$   
 $= 87.600 \text{ mm}$

Sambungan diasumsikan 90% momen lentur yang bekerja dipikul oleh pelat sambung sayap dan sisanya 10% dipikul oleh pelat penyambung badan, sedangkan untuk gaya geser sepenuhnya dipikul oleh pelat penyambung badan.

$$\begin{aligned}
 Mn &= \Phi \times Zx \times Fy \text{ ----- SNI 1729-2015 Pasal F2} \\
 &= 0.9 \times 21.300 \times 1764.000 \\
 &= 33815.880 \text{ Kg.Cm}
 \end{aligned}$$

Untuk kekuatan geser :

Koefisien tekuk geser plat badan,  $K_v$  untuk badan tanpa pengaku transversal dan dengan  $H/t_w < 2060$  maka digunakan  $K_v = 5$  :

$$\begin{aligned}
 H/t_w &= 29.250 \text{ mm} \\
 H/t_w &\leq 1.10 \times \sqrt{K_v \times E/F_y} \\
 29.250 &\leq 1.10 \times \sqrt{\frac{5.00 \times 2100000}{1764.000}} \\
 29.250 &\leq 84.867 \text{ ----- } C_v = 1,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vn &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \text{ ----- SNI 1729-2015 Pasal G2} \\
 &= 0.6 \times 1764.000 \times 0.32 \times 1.00 \\
 &= 338.688 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

### **Pelat Penyambung Flens (Sayap)**

Momen lentur yang harus di pikul oleh pelat penyambung flens adalah sebesar 90% maka

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 90\% \times M_{ux} & M_{uy} &= 90\% \times M_{uy} \\
 &= 90\% \times 18.243 & &= 90\% \times 72.644 \\
 &= 16.419 \text{ Kg.m} & &= 65.380 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik yang terjadi akibat momen lentur adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{ux} &= \frac{M_{ux}}{B + t_{pf}} & T_{uy} &= \frac{M_{uy}}{H + t_{pf}} \\
 &= \frac{16418.700}{50.00 \times 3.20} & &= \frac{65379.600}{100.00 \times 3.20} \\
 &= 102.617 \text{ Kg} & &= 204.311 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Periksa pelat penyambung terhadap kondisi leleh :

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{ux}}{0,9 \times w_n \times F_y} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{1026.169}{0,9 \times 37.600 \times 245.000} \\
 &= 0.124 \text{ mm} \\
 t_{min} &\leq t_{pf} \\
 0.124 \text{ mm} &\leq 3.200 \text{ mm} \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{uy}}{0,9 \times t_{pf} \times F_y} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{204.311}{0,9 \times 3.200 \times 245.000} \\
 &= 0.290 \text{ mm} \\
 t_{min} &\leq w_n \\
 0.290 \text{ mm} &\leq 37.600 \text{ mm} \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

Periksa pelat penyambung terhadap kondisi fraktur :

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{ux}}{0,75 \times w_n \times U \times F_u} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{1026.169}{0,75 \times 37.600 \times 1 \times 450.000} \\
 &= 0.081 \text{ mm} \\
 t_{min} &\leq t_{pf} \\
 0.081 \text{ mm} &\leq 3.200 \text{ mm} \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{uy}}{0,75 \times t_{pf} \times U \times F_u} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{204.311}{0,75 \times 3.200 \times 1 \times 450.000} \\
 &= 0.189 \text{ mm} \\
 t_{min} &\leq w_n \\
 0.189 \text{ mm} &\leq 37.600 \text{ mm} \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

**Pelat Penyambung Web (Badan)**

$$V_n = 338.688 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 10\% \times M_{ux} \\ &= 10\% \times 18.243 \\ &= 1.824 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 10\% \times M_{uy} \\ &= 10\% \times 72.644 \\ &= 7.264 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= \text{Lebar} \times \text{Tebal} \\ &= 87.600 \times 3.200 \\ &= 280.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Periksa pelat penyambung terhadap geser leleh :

$$\begin{aligned} \text{Geser-Leleh} &= \Phi \times 0,6 \times F_y \times A_g \\ &= 0.9 \times 0.6 \times 245.00 \times 280.320 \\ &= 37086.336 \end{aligned}$$

$$\text{Geser-Leleh} \geq V_n$$

$$37086.336 \text{ Kg} \geq 338.688 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

Periksa pelat penyambung terhadap geser Fraktur :

$$\begin{aligned} \text{Geser-Fraktur} &= \Phi \times 0,6 \times F_u \times A_g \\ &= 0.75 \times 0.6 \times 450.00 \times 280.320 \\ &= 56764.8 \end{aligned}$$

$$\text{Geser-Fraktur} \geq V_n$$

$$56764.800 \text{ Kg} \geq 338.688 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

## Analisa Sambungan las

Dasar Desain  $\Phi \cdot Rn$  dan kekuatan yang diizinkan  $Rn/\Omega$

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn \text{-----} (2.4.2-1)$$

Direncanakan :

- Tegangan Tarik Logam Dasar ( $F_u$ ) = 450 MPa
- Logam pengisi menggunakan type 70
- Tegangan Tarik Logam Las ( $F_{uw}$ ) = 485 MPa
- Tebal pelat penyambung = 3.200 mm

***Tabel 4.11 Ukuran Minimum Las Sudut***

Ketebalan Material dari bagian paling tipis yang tersambung, in (mm)	Ukuran minimum las sudut <sup>[a]</sup> in (mm)
Sampai dengan 1/4 (6,00)	1/8 (3,00)
Lebih Besar dari 1/4 (6,00) Sampai dengan 1/2 (13,00)	3/16 (5,00)
Lebih Besar dari 1/2 (13,00) Sampai dengan 3/4 (19,00)	1/4 (6,00)
Lebih besar dari 4/3 (19,00)	5/16 (8,00)

Sumber : SNI 1729-2015 Tabel J2.4

Maka Batas minimum tebal las pada :

- Tebal plat penyambung 3.20 mm = 3.00 mm

### ***Ukuran maksimum tebal las sudut***

- a. Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 1/4". (6,00 mm), tidak lebih besar dari ketebalan material.
- b. Sepanjang tepi material dengan ketebalan dari 1/4". (6,00 mm) atau lebih, tidak lebih besar dari ketebalan material di kurangi 1/16". (2,00 mm).

Maka batas maksimum tebal las :

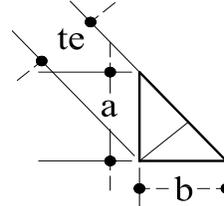
- Tebal pelat penyambung < 1/4 " (6,00 mm)  
Maka ketebalan maksimal las adalah = 3.000 mm

### ***Panjang kaki las (a)***

Karena las sudut digunakan untuk menyambung elemen dengan sudut  $90^0$  maka diasumsikan mempunyai panjang kaki ( $a$ ) yang sama :

Direncanakan panjang kaki

- Panjang Kaki ( $a$ ) = 3.200 mm
- $te = 0,707 \times a$
- = 0.707 x 3.200
- = 2.262 mm



**Panjang Minimal las sudut :**

Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari 4 kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan tidak melebihi 1/4 dari panjangnya.

Maka panjang minimum las sudut :

Panjang las Minimum = 4 x Ukuran Las nominal

$$= 4 \times 3.20$$

$$= 12.80 \text{ mm}$$

**Kuat Rencana Persatuan Panjang las sudut**

Untuk logam pengisi (Las)

$$\Phi.Rnw = 0,75 \times te \times (0,6 \times Fuw) \text{ ----- (2.6.3-10)}$$

$$= 0.75 \times 2.262 \times 0.60 \times 485.00$$

$$= 493.77 \text{ N/mm}$$

$$= 49.377 \text{ Kg/mm}$$

Untuk logam dasar (pelat Penyambung) kuat runtuh geser pelat.

$$\Phi.Rnw = 0,75 \times tpf \times (0,6 \times Fu) \text{ ----- (2.6.3-11)}$$

$$= 0.75 \times 3.200 \times 0.60 \times 450.00$$

$$= 648.00 \text{ N/mm}$$

$$= 64.800 \text{ Kg/mm}$$

**Panjang Total Las yang dibutuhkan :**

Akibat gaya Geser.

$$\begin{aligned}L_w &= \frac{V_u}{\Phi \cdot R_{nw}} \\ &= \frac{338.688}{49.377} \\ &= 6.859 \text{ mm}\end{aligned}$$

Akibat gaya tarik.

$$\begin{aligned}L_w &= \frac{T_{ux}}{\Phi \cdot R_{nw}} & L_w &= \frac{T_{uy}}{\Phi \cdot R_{nw}} \quad \text{-----}(2.6.3-12) \\ &= \frac{102.617}{49.377} & &= \frac{204.311}{64.800} \\ &= 2.078 \text{ mm} & &= 3.153 \text{ mm}\end{aligned}$$

**Luas Efektif ( $A_{we}$ )**

Luas efektif adalah panjang efektif di kalikan dengan throat efektif, yang mana throat efektif adalah jarak terpendek (garis tinggi) dari perpotongan kaki las kemuka las diagramatik.

Luas Efektif pada pelat sayap :

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Throat Efektif} \times \text{Panjang Efektif} \\ &= 2.262 \times 3.15 \text{ mm} \\ &= 7.13 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas Efektif pada pelat badan :

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Throat Efektif} \times \text{Panjang Efektif} \\ &= 2.262 \times 6.86 \text{ mm} \\ &= 15.52 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



Luas Penampang penyambung pada pelat sayap :

$$\begin{aligned} A_{BM} &= \text{Panjang Las} \times \text{tebal} \\ &= 2.0782 \times 3.200 \\ &= 6.65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Penampang penyambung pada pelat badan :

$$\begin{aligned} A_{BM} &= \text{Panjang Las} \times \text{tebal} \\ &= 6.859 \times 3.200 \\ &= 21.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### **Kekuatan Las**

- Untuk Logam dasar pada sayap
- Untuk Logam dasar pada badan

$$\begin{aligned} Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 450.00 \times 6.650 \\ &= 2992.662 \text{ N} \\ &= 299.266 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 450.00 \times 21.950 \\ &= 9877.309 \text{ N} \\ &= 987.731 \text{ N} \end{aligned}$$

- Untuk Logam las pada sayap
- Untuk Logam las pada badan

$$\begin{aligned} Rn &= F_{nw} \times A_{we} \\ &= 485.00 \times 7.133 \\ &= 3459.620 \text{ N} \\ &= 345.962 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= F_{nw} \times A_{we} \\ &= 485.00 \times 15.518 \\ &= 7526.400 \text{ N} \\ &= 752.640 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain logam dasar pada badan :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \emptyset \cdot Rn \\ Ru &\leq 0.75 \times Rn \\ 338.688 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 987.731 \text{ Kg} \\ 338.688 \text{ Kg} &\leq 740.798 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain logam pengisi pada badan :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \emptyset \cdot Rn \\ Ru &\leq 0.75 \times Rn \\ 338.688 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 752.640 \text{ Kg} \\ 338.688 \text{ Kg} &\leq 564.480 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok \end{aligned}$$

## DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Material, 2006, “*Annual Book of ASTM Standards*”. American. ASTM.

Anonim. Tanpa Tahun. Tabel Untuk Sambungan Sistem Mero, Jakarta : PT. BINATAMA ARKINDO

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Ebadi Mehdi<sup>1</sup>, Davoodi Mohammadreza<sup>2</sup>. 2012. *Int.J.Sci.Emerging Tech “Evaluate Axial Stiffness of the MERO Connection, Under the Effect of Hardening the Screw”*. Vol-4 No.1.hal 117-118.

Fajaria Dewi Kurnia. 2015. “ *Redesign Struktur Atap Dengan Model Space Truss ( Rangka Ruang) Pada Stadion Jember Sport Garden* “. [ Skripsi ]. Malang. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang. 2015

Federal Aviation Association (FAA). 2011. *Airport Design*. United States: Federal Aviation Association (FAA).

Fisher James M, Kloiber Lawrence A. 2006. “*Steel Design Guide Base Plate And Anchor Rod Design*”.United Sates Of American. American Institute Of Steel Construction,Inc.

Gandi Asmara Lukman. 2015. “ *Redesign Struktur Atas ( UPPER STRUCTURE ) Hangar Pesawat Pada Bandar Udara Sepinggian Balikpapan Kalimantan Timur Dengan Menggunakan Struktur Ruang ( SPACE TRUSS )* “. [ Skripsi ]. Malang. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang. 2015

G S Ramaswamy, G R Suresh dkk. 2002. “*Analysis, Design and Contruction of Steel Space Frames*”. London. Thomas Telford.

Horonjeff, R. 1994. *Planning and Design of Airport*. United States: McGraw Hill.

Karolina Trirahayu. 2001. “*Studi Alternatif Bentuk Perencanaan Konstruksi Atap 3D Dengan Menggunakan Sambungan Sistem Mero*” [Skripsi]. Malang. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang. 2001.

Makowski. Z. S. 1988. “*Konstruksi Ruang Baja*”. Bandung, Institut Teknologi Bandung.

Purbosari Ariyanti Annisa. 2010. “*modifikasi Perencanaan Stadion Indoor Surabaya Sport Center ( SSC ) Dengan Menggunakan Sistem Rangka Ruang ( SPACE TRUSS )* [ Skripsi ]. Surabaya. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November. 2010

Stiawan Agus.2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta. Erlangga

Susandewi Ni Ketut.2001. *Studi Alternatif Perencanaan Bentuk Space Truss Pada konstruksi Atap Laboratorium (A) Di Kampus Tasikmadu ITN Malang* [Skripsi]. Malang. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang. 2001.

**PT. BINATAMA AKRINDO**  
**TRIDOME - SPACE STRUCTURES**

**DAFTAR KEKUATAN BATANG TEKAN**

138.59 TDSF-JW 10/07/87

TIPE	Ø	TEBAL	ØD	LUAS F	BERAT G	Inertia	I	L	LAMDA	W Tekuk	P. MX
btg	Inchi	mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m	cm <sup>4</sup>	cm	cm		SS41	ton
A1	0.50 "	1.90	21.70	1.182	0.930	0.585	0.703	97.430	138.590	3.200	0.517
A2	0.50 "	2.30	27.20	1.402	1.100	0.669	0.691	95.770	138.590	3.200	0.517
B1	0.75 "	1.90	27.20	1.510	1.190	1.220	0.897	124.320	138.590	3.200	0.661
B2	0.75 "	2.30	27.20	1.789	1.410	1.410	0.884	122.520	138.590	3.200	0.787
B3	0.75 "	2.80	27.20	2.146	1.680	1.620	0.868	122.300	138.590	3.200	0.939
C1	1.00 "	2.00	34.00	2.011	1.580	2.584	1.340	157.170	138.590	3.200	0.880
C2	1.00 "	2.30	34.00	2.291	1.800	2.890	1.120	155.230	138.590	3.200	1.002
C3	1.00 "	2.80	34.00	2.746	2.160	3.367	1.107	153.430	138.590	3.200	1.201
C4	1.00 "	3.20	34.00	3.096	2.430	3.710	1.090	151.070	138.590	3.200	1.354
D1	1.25 "	1.70	42.70	2.191	1.720	4.610	1.450	200.960	138.590	3.200	0.959
D2	1.25 "	2.00	42.70	2.558	2.010	5.309	1.440	199.570	138.590	3.200	1.002
D3	1.25 "	2.30	42.70	2.919	2.290	5.980	1.430	189.190	138.590	3.200	1.277
D4	1.25 "	2.00	42.70	3.510	2.760	7.020	1.410	195.420	138.590	3.200	1.536
E1	1.50 "	1.70	48.60	2.506	2.010	6.898	1.660	230.070	138.590	3.200	0.096
E2	1.50 "	2.00	48.60	2.929	2.300	7.964	1.650	228.680	138.590	3.200	1.281
E3	1.50 "	2.30	48.60	3.345	2.630	8.990	1.640	227.520	138.590	3.200	1.463
E4	1.50 "	2.80	48.60	4.029	3.160	10.600	1.620	224.520	138.590	3.200	1.763
E5	1.50 "	3.20	48.60	4.564	3.580	11.800	1.610	223.130	138.590	3.200	1.997
F1	2.00 "	1.70	60.50	3.142	2.470	13.587	2.080	288.280	138.590	3.200	1.375
F2	2.00 "	2.00	60.50	3.677	2.890	15.746	2.069	286.750	138.590	3.200	1.609

TIPE	Ø	TEBAL	ØD	LUAS F	BERAT G	Inertia	I	L	LAMDA	W Tekuk	P. MX
btg	Inchi	mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m	cm <sup>4</sup>	cm	cm		SS41	ton
F3	2.00 "	2.30	60.50	4.205	3.300	17.800	2.059	285.360	138.590	3.200	1.840
F4	2.00 "	2.80	60.50	5.076	3.980	21.200	2.042	238.020	138.590	3.200	2.221
F5	2.00 "	3.20	60.50	5.760	4.520	23.700	2.029	281.200	138.590	3.200	2.520
F6	2.00 "	4.00	60.50	7.106	5.570	28.500	2.003	277.600	138.590	3.200	3.109
G1	2.50 "	2.40	76.30	5.572	4.380	38.100	2.610	361.720	138.590	3.200	2.438
G2	2.50 "	2.80	76.30	6.462	5.080	43.700	2.600	360.650	138.590	3.200	2.827
G3	2.50 "	3.20	76.30	7.349	5.770	49.200	2.590	358.950	138.590	3.200	3.215
G4	2.50 "	4.00	76.30	9.095	7.130	49.500	2.560	354.800	138.590	3.200	3.975
H1	3.00 "	2.80	89.10	7.591	5.960	70.700	3.060	422.700	138.590	3.200	3.321
H2	3.00 "	3.20	89.10	8.636	6.780	79.800	3.040	421.320	138.590	3.200	3.778
H3	3.00 "	4.00	89.10	10.690	8.390	97.000	3.010	417.160	138.590	3.200	4.677
I1	4.00 "	3.50	114.30	12.180	8.560	187.000	3.920	543.300	138.590	3.200	6.329
I2	4.00 "	4.50	114.30	15.520	12.200	234.000	3.890	539.120	138.590	3.200	6.790
J1	5.00 "	4.50	139.80	19.130	15.000	438.000	4.790	663.860	138.590	3.200	8.369
J2	5.00 "	6.00	139.80	25.520	19.800	566.000	4.740	656.920	138.590	3.200	11.034
K1	6.00 "	4.50	165.20	22.720	17.800	734.000	5.680	787.200	138.590	3.200	9.910
K2	6.00 "	5.00	165.20	25.160	18.800	808.000	5.670	785.820	138.590	3.200	11.007
K3	6.00 "	6.00	165.20	30.010	13.600	952.000	5.630	780.800	138.590	3.200	13.129
L1	7.00 "	5.00	190.70	29.170	22.900	1260.000	6.570	910.550	138.590	3.200	12.762
M1	8.00 "	6.00	216.30	39.610	31.100	2190.000	7.440	1031.100	138.590	3.200	17.329
M2	8.00 "	8.00	216.30	52.350	41.100	2840.000	7.370	1021.400	138.590	3.200	22.903
N1	10.00 "	6.00	267.40	49.270	38.700	4210.000	9.240	1280.600	138.590	3.200	21.556
N2	10.00 "	8.00	267.40	73.060	57.400	5110.000	9.140	1266.700	138.590	3.200	31.964

**PT. BINATAMA AKRINDO**  
**TRIDOME-SPACE STRUCTURE**

**ALLOWABLE/MAXIMUM COMPRESSION FORCES**  
**FOR DESIGN OF HEXAGON WITH SAFETY FACTOR OF 1.5**

No	BOLT TYPE	INSERT TO NODE	CONUS INSERT	TIPE HEXAGON	HEX. LEGTH	TYPE OF WRENCH	HEX. HOLE	MAX. COMP. FORCE
		(U)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(Tones)
1	M10 x 50	15	10	H25 x 17 -11	25	17	11	2.111
			10	H25 x 19 -11		19	11	3.016
			10	H25 x 22 -11		22	11	4.562
2	M12 x 60	18	12	H30 x 19 -13	30	19	13	2.413
			12	H30 x 22 -13		22	13	3.958
			12	H30 x 24 -13		24	13	5.115
3	M16 x 80	24	16	H40 x 22 -17	40	22	17	2.450
			16	H40 x 24 -17		24	17	3.607
			16	H40 x 27 -17		27	17	5.529
			16	H40 x 30 -17		30	17	7.678
			16	H40 x 32 -17		32	17	9.236
4	M20 x 100	30	20	H50 x 27 -21	50	27	21	3.619
			20	H50 x 30 -21		30	21	5.768
			20	H50 x 32 -21		32	21	7.326
			20	H50 x 56 -21		36	21	10.744
5	M24 x 120	36	24	H60 x 36 -25	60	36	25	8.432
			24	H60 x 41 -25		41	25	13.270
			24	H60 x 46 -25		46	25	18.736
6	M30 x 150	45	30	H75 x 41 - 32	75	41	32	8.256
			30	H75 x 46 - 32		46	32	13.722
			30	H75 x 51 - 32		51	32	19.817
7	M36 x 180	54	36	H90 x 46 - 38	90	46	38	8.445
			36	H90 x 51 - 38		51	38	14.539
			36	H90 x 56 - 38		56	38	21.262
8	M42 x 210	63	42	H105 x 51 - 44	105	51	44	8.357
			42	H105 x 56 - 44		56	44	15.080
			42	H105 x 61 - 44		61	44	22.431

No	BOLT TYPE	INSERT TO NODE	CONUS INSERT	TIPE HEXAGON	HEX. LEGTH	TYPE OF WRENCH	HEX. HOLE	MAX. COMP. FORCE
		(U)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(Tones)
9	M48 x 240	72	48	H120 x 56 - 50	120	56	50	7.992
			48	H120 x 61 - 50		61	50	15.344
			48	H120 x 66 - 50		66	50	23.323
			48	H120 x 71 - 50		71	50	31.931
10	M54 x 270	81	54	H135 x 66 - 56	135	66	56	15.331
			54	H135 x 71 - 56		71	56	23.323
			54	H135 x 76 - 56		76	56	33.175
			54	H135 x 81 - 56		81	56	43.040

**PT. BINATAMA AKRINDO**  
**TRIDOME-SPACE STRUCTURE**

**ALLOWABLE/MAXIMUM TENSION FORCES**  
**TO A DESIGNATED HIGH TENSION BOLT TYPE AND GRADE**  
**WITH A SAFETY FACTOR OF 2**

NO	BOLT TYPE		ST.41	T 5.6	T 8.8	T 10.9	T 12.10	GRADE
	DIA.	PITCH	2400	3000	6400	9000	12000	
	(mm)	(mm)	NORMAL GRADE		HIGH TENSION GRADE			Kg/cm <sup>2</sup>
1	8	1.250	0.380	0.480	1.020	1.430	1.910	tonnes
2	10	1.500	0.610	0.760	1.610	2.270	3.030	tonnes
3	12	1.750	0.880	1.100	2.250	3.300	4.400	tonnes
4	14	2.000	1.210	1.510	3.220	4.530	6.030	tonnes
5	16	2.000	1.640	2.050	4.380	5.160	8.210	tonnes
6	20	2.500	2.570	3.210	6.840	9.630	12.830	tonnes
7	24	3.000	3.700	4.620	9.860	13.860	18.480	tonnes
8	30	3.500	5.890	7.360	15.690	22.070	29.430	tonnes
9	36	4.000	8.580	10.730	22.890	32.180	42.910	tonnes
10	42	4.500	11.790	14.730	31.430	44.200	58.930	tonnes
11	48	5.000	15.500	19.370	41.320	56.110	77.480	tonnes



**PT. BINATAMA AKRINDO**  
**TRIDOME - SPACE STRUCTURES**

**DATA OF ALLOWABLE/MAXIMUM COMPRESSION FORCE ON BALL JOINTS/NODES**

NO	RAW MATERIAL DIAMETER OF NODES	NODES DIAMETER	EFFECTIVE DIAMETER	CONTACT POINT DIAMETER	HEXAGON WRENCH	MINIMUM ANGLE BETWEEN HOLES	BALL JOINT THREAD								
							M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30	M36	M42
							ALLOWABLE COMPRESSION FORCES								
(mm)	Dn. (mm)	Def.(mm)	Dc. (mm)	(mm)	(tonnes)										
1	60	56.800	54.000	17.800	17.000	33.330 °	5.07	4.04	2.81	1.40	-	-	-	-	-
		57.500	54.000	19.700	19.000	36.160 °	6.82	5.78	4.55	3.14	-	-	-	-	-
		58.700	54.000	23.000	22.000	40.440 °	10.12	9.08	7.86	6.44	-	-	-	-	-
2	65	63.200	60.000	19.700	19.000	33.330 °	8.81	5.78	4.55	3.14	-	-	-	-	-
		64.300	60.000	23.000	22.000	37.490 °	10.12	9.08	7.86	6.44	-	-	-	-	-
		64.900	60.000	24.700	24.000	39.420 °	11.97	10.94	9.71	8.30	-	-	-	-	-
3	75	73.700	70.000	23.000	22.000	33.330 °	10.12	9.09	7.86	6.45	3.05	-	-	-	-
		74.200	70.000	24.700	24.000	35.170 °	11.97	10.94	9.71	8.30	4.90	-	-	-	-
		75.300	70.000	27.600	27.000	38.280 °	15.62	14.58	13.36	11.94	8.55	-	-	-	-
4	80	79.000	75.000	24.700	24.000	33.330 °	11.97	10.94	9.71	8.30	4.90	-	-	-	-
		79.900	75.000	27.600	27.000	36.370 °	15.62	14.58	13.36	11.94	8.55	-	-	-	-
		81.100	75.000	30.900	30.000	39.490 °	20.14	19.10	17.88	16.47	13.07	-	-	-	-
5	90	88.400	84.000	27.600	27.000	33.330 °	15.62	14.58	13.35	11.94	8.55	4.40	-	-	-
		89.500	84.000	30.900	30.000	36.340 °	20.14	19.10	17.88	16.47	13.07	4.93	-	-	-
		90.200	84.000	32.900	32.000	38.060 °	23.12	22.08	20.85	19.44	16.05	11.90	-	-	-
6	100	99.000	94.000	30.900	30.000	33.330 °	20.15	19.11	17.89	16.47	13.08	8.93	-	-	-
		99.600	94.000	32.900	32.000	34.980 °	23.12	22.08	20.85	19.44	16.05	11.90	-	-	-
		101.000	94.000	36.800	36.000	38.080 °	29.60	28.57	27.34	25.93	22.54	18.39	-	-	-

NO	RAW MATERIAL DIAMETER OF NODES	NODES DIAMETER	EFFECTIVE DIAMETER	CONTACT POINT DIAMETER	HEXAGON WRENCH	MINIMUM ANGLE BETWEEN HOLES	BALL JOINT THREAD								
							M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30	M36	M42
							ALLOWABLE COMPRESSION FORCES								
	(mm)	<i>Dn.</i> (mm)	<i>Def.</i> (mm)	<i>Dc.</i> (mm)	(mm)		(tonnes)								
8	110	105.300	100.000	32.900	32.000	33.330 °	23.12	22.08	20.86	19.44	16.05	11.9	4.27	-	-
		105.600	100.000	36.800	36.000	36.380 °	29.60	28.57	27.34	25.93	22.54	18.39	10.75	-	-
		105.200	100.000	41.400	41.000	39.650 °	36.09	37.05	35.82	34.41	31.02	26.87	19.24	-	-
9	120	117.900	112.000	36.800	36.000	33.330 °	29.60	28.57	27.34	25.93	22.53	18.39	10.75	-	-
		119.400	112.000	41.400	41.000	36.490 °	38.09	37.05	35.82	34.41	31.02	26.87	19.42	-	-
10	135	132.600	126.000	41.400	41.000	33.330 °	38.08	37.04	35.82	34.4	31.01	26.86	19.23	9.9	-
		134.400	126.000	46.700	46.000	36.640 °	49.01	47.97	46.76	46.33	41.84	37.78	30.16	20.6	-
11	150	149.500	142.000	46.700	46.000	33.330 °	49.02	47.98	46.75	45.34	41.95	37.8	30.17	20.84	9.81
		151.000	142.000	51.300	51.000	35.850 °	59.65	58.61	57.39	55.98	52.58	48.44	40.8	31.47	20.44
12	165	164.200	156.000	51.300	51.000	33.340 °	59.66	58.63	57.4	55.99	52.6	48.45	40.81	31.48	20.46
		165.900	156.000	56.600	56.000	35.940 °	72.99	71.96	70.73	69.32	65.92	61.78	54.14	44.81	33.97
13	185	181.100	172.000	56.500	56.000	33.330 °	72.99	71.95	70.72	69.31	65.92	61.77	54.14	44.81	33.78
		182.700	172.000	61.800	61.000	35.680 °	87.49	86.45	85.23	83.81	80.42	76.27	68.64	59.31	48.28
		184.600	172.000	66.900	66.000	37.880 °	103.10	102.06	100.84	99.42	96.03	91.88	84.25	74.92	63.89

**PT. BINATAMA AKRINDO**  
**TRIDOME - SPACE STRUCTURES**

**ALLOWABLE/MAXIMUM TENJSION FORCES ON**  
**NODES/BALLJOINTS WITH UNIFIED STANDARD THREAD**

NO	TYPE M	PITCH (mm)	NO. OF PITCH (n)			NOMINAL DIAMETER Dn. (mm)	EFFECTIVE DIAMETER De. (mm)	NUT CORE DIAMETER Dc. (mm)	STRESS AREA (mm <sup>2</sup> )	RUSHING STRESS FOR INSERT OF			SHEAR STRESS FOR INSERT OF		
			1,0 M	1,2 M	1,5 M					1,0 M	1,2 M	1,5 M	1,0 M	1,2 M	1,5 M
			m	m	m					Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
1	M10	1.500	6.700	8.000	10.000	10	9.026	8.876	58.000	1.777	2.123	2.666	2.449	2.938	3.673
2	M12	1.750	6.900	8.200	10.200	12	10.862	10.106	84.000	3.608	4.329	5.412	2.526	4.231	5.289
3	M14	2.000	7.000	8.400	10.500	14	12.701	11.835	115.000	4.920	5.904	7.380	4.799	5.759	7.199
4	M16	2.000	8.000	9.600	12.000	16	14.704	13.835	157.000	6.494	7.792	9.740	6.268	7.522	9.403
5	M20	2.500	8.000	9.600	12.000	20	18.376	17.294	245.000	10.149	12.174	15.218	9.795	11.753	14.592
6	M24	3.000	8.000	9.600	12.000	24	22.051	20.752	253.000	14.613	17.535	21.919	14.104	18.925	21.156
7	M30	3.500	8.600	10.300	12.900	30	27.727	26.211	561.000	22.941	27.529	34.411	22.036	26.445	33.056
8	M36	4.000	9.000	10.800	13.500	36	23.402	31.670	817.000	23.139	35.767	49.708	31.734	38.081	47.601
9	M42	4.500	9.300	11.200	14.000	42	29.077	37.129	1104.000	45.206	54.248	67.810	42.194	51.833	64.791
10	M48	5.000	9.600	11.500	14.400	48	44.752	42.567	1485.000	59.154	70.985	88.731	56.416	67.700	84.625