

SKRIPSI

**REDESIGN STRUKTUR ATAS (*UPPER STRUCTURE*) HANGAR PESAWAT PADA
BANDAR UDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN KALIMANAN TIMUR DENGAN
MENGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)**



Di Susun Oleh :

LUKMAN ASMARA GANDI

11.21.093

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

**REDESIGN STRUKTUR ATAS (*UPPER STRUCTURE*) HANGGAR PESAWAT
PADA BANDAR UDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN KALIMANTAN TIMUR
DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sipil S-1 di Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

LUKMAN ASMARA GANDI

11. 21. 093

Menyetujui :

**Dosen
Pembimbing I**

**Dosen
Pembimbing II**

Ir. A. Agus Santosa, M.T.

NIP. Y. 101 87 00155

Ir. Ester Priskasari, M.T.

NIP. Y. 103 39 00265

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang**

Ir. A. Agus Santosa, MT

NIP. Y. 101 870 0155

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2015

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

**REDESIGN STRUKTUR ATAS (*UPPER STRUCTURE*) HANGGAR PESAWAT
PADA BANDAR UDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN KALIMANTAN TIMUR
DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada Hari Kamis, 13 Agustus 2015
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

LUKMAN ASMARA GANDI

11. 21. 093

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Ir. A. Agus Santosa, M.T.

NIP. Y. 101 87 00155

Lila Ayu Ratna Winanda, S.T. M.T.

NIP. Y. 103 08 00419

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. Bambang Wedyantadji, M.T.

NIP. Y. 101 850 0093

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.

NIP. Y. 101 83 00054

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lukman Asmara Gandi
NIM : 11.21.093
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

“REDESIGN STRUKTUR ATAS (*UPPER STRUCTURE*) HANGGAR PESAWAT PADA BANDAR UDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN KALIMANTAN TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)”.

Adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 05 September 2015

Yang membuat pernyataan

Lukman Asmara Gandi

NIM : 11. 21. 093

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Hirabbil'alamin.....

Puji Syukur Kehadiratmu Ya Allah....Terimakasih Ya Allah Atas Segala Nikmat Dan Karunia-Mu...Hanya Karena Izin-Mu Hambamu Ini Masih Mampu Menjalani Hidup Dan Meraih Cita-Cita.

Terimakasih Banyak Buat Ayah Tercinta, Kegigihanmu Dan Perjuangan Mu Untuk Dapat Menyekolahkan Anak Mu Ini, Walaupun Engkau Tak Dapat Bersama Untuk Melihat Keberhasilan Anakmu Ini Dalam Menempuh Studi. Semoga Segala Salah Dan Dosa Ayahanda Diampuni Allah SWT, dan Semoga Semua Amal Ibadah Ayahanda Diterima Disisi-Nya, Dan Mudah-Mudahan Kelak Kita Dapat Dikumpulkan Kembali Nanti Di Surganya Allah Swt.

*Ibuuu
Engkau Menangis Karena Aku
Engkau Sedih Karena Aku
Engkau Menderita Karena Aku
Engkau Kurus Karena Aku
Engkau Korbakan Segalanya Untuk Aku Ibuuu
Jasamu Tiada Terbatas. Jasamu Tiada Terbeli. Jasamu
Tiada Akhir. Jasamu Tiada Tara. Jasamu Terlukis Indah Di Dalam Surga*

TAK ADA KATA YANG PANTAS UNTUK KU UCAPKAN SELAIN DO'A DAN MEMOHON MAAF ATAS SEGALA KESALAHAN BAIK DALAM PERBUATAN MAUPUN TUTURKATAKU YANG SELAMA INI TELAH KU PERBUAT. DAN KU MOHON DOA RESTU MU IBUKU AGAR KELAK ANAKMU INI DAPAT MENJADI ANAK YANG BERBAKTI DAN BERMAMFAAT BAGI NUSA DAN BANGSA, AGAMA DAN KELUARGA.....

Buat Kakak-ku, kaka ipar-ku dan Keponakanku, terimakasih telah bersama-sama memperjuangkan kesuksesanku dalam study, semoga kita semua diselamatkan dunia dan akhirat dan mampu membahagiakan ibu dan ayah.....

KELUARGA KU-SURGAKU.....!!!

*Engkau dan Pengorbananmu sungguh begitu mulia
Magfkan Aku yang Selama Ini belum mampu memberi apa-apa untuk
membuat kalian semua tersenyum.....*

TERIMAKASIH KELUARGAKU.....!!!

TAK LUAPA PULA KU UCAPKAN TERIMAKASI KU.....

*Kepada Seluruh Civitas Akademik Institut Teknologi Nasional Malang Yang Telah Menjadi Ladang Ilmu
Dan Selama Empat Tahun Ini, Semoga IAIN –Ma Terus Berkembang Hingga Dapat Mempublikasikan Para-
Patri Garuda, Berharakter, Dan Berprestisias.....*

Kepada teman-teman seperjuangan, Fajaria Devi Kurnia, Mayang Mustika, Endah Tri Puspita Sari, Akhbar Mustofa, M. Syahirul Karim, Ardena Oney Fedoragi dan seluruh kawan-kawanku yang takmungkin ku sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan dukungan dan kerjasamanya.

Kepada Keluarga besar **FIKMSI** khususnya **FIKMSI** Wilayah Regional **IX** Jawa Timur yang telah memfasilitasi dalam melengkapi studyku selama ini, semoga forum ini dapat lebih bermanfaat untuk kemajuan negeri kita tercinta Indonesi dan apat bermanfaat untuk tumbuh berkembangnya Ilmu Pengetahuan yang bermanfaat

*Kepada adek-ku Farida Qurrotu A'yuna terimakasih ya yang selama ini selalu mendoakan yang selalu memberi semangat dalam perjuangan Skripsi-ku. Kuliah yang benerya dek dan semoga selalu sukses dalam segala perjuangmu ya dek.....
Cepet tercapai semua cita-citanya dek.....*

"TUNTUT LAH ILMU WALAU SAMPAI KENEGERI CINA....."

- MENUNTUT ILMU ADALAH TAQWA**
- MENYAMPAIKAN ILMU ADALAH IBADAH**
- MENGULANG-ULANG ILMU ADALAH ZIKIR**
- MENCARI ILMU ADALAH JIHAD**

DO'A KU....

Ya Allah.....

Berikanlah Manfaat Kepada-ku dengan apa-apa yang Engkau Ajarkan Kepada-ku. Dan Ajarkanlah aku apa-apa yang bermanfaat bagiku dan tambahkanlah ilmu kepadaku.....

Amin, Ammin yarabbal a'lammin.....

"Lukman Asmara Gandi"

“REDESIGN STRUKTUR ATAS (*UPPER STRUCTURE*) HANGGAR PESAWAT PADA BANDAR UDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN KALIMANTAN TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG (*SPACE TRUSS*)”, Oleh : Lukman Asmara Gandi (Nim : 11.21.093), Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, M.T. Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, M.T. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berpengaruh terhadap segala aspek kehidupan, salah satunya terhadap 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 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 Hanggar Pesawat pada bandar udara Sepinggan Balikpapan, dengan bentang 85.00 m, tinggi 26.00 m dan pajang 48.00 m, terdiri dari 1 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 ulang, struktur menggunakan profil baja pipa \emptyset 48.30 mm, \emptyset 73.00 mm, dan \emptyset 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 3.68 mm, 5.16 mm, dan 5.49 mm, Hexsagon yang digunakan $H_{25 \times 17 - 11}$, $H_{40 \times 24 - 17}$ dan $H_{60 \times 41 - 25}$, dimensi baut menggunakan type M10, M16 dan M24, dengan ball joint yang digunakan type N.120 dan N.150. Untuk sambungan las pada base plate digunakan panjang las 103.305 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 : Mero Sistem, Space Truss, dan Teknologi

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan taufiqnya-Nya, sehingga dapat diselesaikannya Skripsi ini dengan tepat waktu, yang judul “*Redesign Struktur Atas (Upper Structure) Hanggar Pesawat Pada Bandar Udara Sepinggian Balikpapan Kalimantan 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. A. Agus Santosa, M.T. dan Ir. Ester Priskasari, M.T.* selaku dosen pembimbing Skripsi dan tak lupa juga pada kesempatan ini penyusun ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Rektor Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajarannya
2. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajarannya
3. Ketu Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajarannya
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, M.T. dan bapak Ir. Sudirman Indra, M.Sc. selaku dosen penguji skripsi ini
5. Seluruh Civitas Akademika Institut Teknologi Nasional Malang dan semua pihak yang telah membantu dan mendukung sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu, dan

6. Untuk Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik materi dan moril kepada penyusun hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan 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, 05 September 2015
Penyusun

Lukman Asmara Gandi
Nim. 11.21.093

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan Skripsi	
Lembar Pengesahan Skripsi	
Lembar Keaslian Skripsi	
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Notasi	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Ruang Lingkup	5

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum	7
2.1.1 Hanggar Pesawat.....	7
2.1.2 Pengertian Space Truss	8
2.2 Pembebanan Struktur	11
2.2.1 Beban Mati.....	11
2.2.2 Beban Hidup	11

2.2.3	Beban Air Hujan	14
2.2.4	Beban Angin	15
2.2.5	Beban Gempa.....	22
2.2.6	Kombinasi Pembebanan.....	22
2.3	Ketentuan Umum	23
2.3.1	Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban Dan Ketahanan (<i>DFBK</i>)	23
2.3.2	Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin	24
2.3.3	Desain Ketebalan Dinding Desain PSB.....	24
2.3.4	Persyaratan Desain (<i>Luas Area Efektif</i>).....	25
2.4	Desain Batang	26
2.4.1	Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik.....	26
2.4.2	Desain Kekuatan Tarik	26
2.4.3	Desain Kekuatan Tekan	28
2.5	Sambungan Mero Sistem	30
2.5.1	Umum	30
2.5.2	Conus Dan Tebal Conus	35
2.5.3	Hexagon (<i>Hexnut</i>).....	36
2.5.4	Diameter, Tebal Dan Panjang Baut	37
2.5.5	Bola Baja (<i>Ball Joint</i>)	40
2.6	Sambungan Las	43
2.6.1	Luas Efektif.....	43
2.6.2	Pembatasan	44
2.6.3	Kekuatan Sambungan Las.....	46

2.7 Base Pelate	51
2.7.1 Pembagian Kategori	51
2.7.2 Perhitungan Angkur	55
2.8 Bagan Alir	57

BAB III PERENCANAAN STRUKTUR

3.1 Data – Data Perencanaan	59
3.2 Perencanaan Pembebanan	60
3.2.1 Beban Mati	62
3.2.2 Beban Hidup	64
3.2.3 Beban Air Hujan	65
3.2.4 Beban Angin	67
3.2.5 Kombinasi Pembebanan.....	76
3.2.6 Analisa Gording	79
3.2.7 Pembebanan Pada Joint.....	85
3.3 Perencanaan Batang Pipa (<i>Member</i>)	94
3.3.1 Perencanaan Spesifikasi Baja Pipa	94
3.3.2 Hasil Analisa Statika.....	95
3.4 Desain Komponen Struktur.....	97
3.4.1 Desain Komponen Struktur Tarik Property Pip.S.15.....	97
3.4.2 Desain Komponen Struktur Tekan Property Pip.S.15	98
3.4.3 Desain Komponen Struktur Tarik Property Pip.S.25.....	101
3.4.4 Desain Komponen Struktur Tekan Property Pip.S.25	102
3.4.5 Desain Komponen Struktur Tarik Property Pip.S.30.....	105
3.4.6 Desain Komponen Struktur Tekan Property Pip.S.30	107

3.4.7 Kontrol Dimensi Batang	110
------------------------------------	-----

BAB IV ANALISA SAMBUNGAN

4.1 Analisa Sambungan Mero Sistem	111
4.1.1 Perencanaan Hexagon	111
4.1.2 Perencanaan Conus	116
4.1.3 Perencanaan Baut	119
4.1.4 Perencanaan Ball Joint	124
4.1.5 Dimensi Sambungan Mero Sistem.....	130
4.2 Analisa Perletakan Gording	132
4.3 Analisa Sambungan Gording Menerus	138
4.4 Analisa Base Pelate	148
4.4.1 Perencanaan Penyangga Ball Joint	149
4.4.2 Perencanaan Base Pelate.....	153

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	166
5.2 Saran.....	168

DAFTAR PUSTAKA	169
-----------------------------	-----

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

• Tabel 2.1.	: Kategori Risiko Bangunan Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa Dan Es	15
• Tabel 2.2.	: Faktor Arah Angin K_d	17
• Tabel 2.3.	: Koefisien Tekanan Internal, (G_{Cpl})	19
• Tabel 2.4.	: Koefisien Eksposur Tekan Velositas, K_h dan K_z	19
• Tabel 2.5.A.	: Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda	31
• Tabel 2.5.B.	: Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda	32
• Tabel 2.5.C.	: Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda	32
• Tabel 2.6.	: Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda	32
• Tabel 2.7.	: Tipe Sambungan Tanpa Noda	33
• Tabel 2.8.	: Tipe Sambungan dengan Menggunakan Fabrikasi.....	33
• Tabel 2.9.	: Sistem Sambungan yang Umum digunakan	34
• Tabel 2.9	: Kekuatan Nominal Baut Persatuan Luas	39
• Tabel 2.10	: Pratarik Baut Minimum, kN^*	39
• Tabel 2.11	: Ukuran baut dari ASTM A325 dan A490	40
• Tabel 2.12	: Ukuran Minimum Las Sudut	44
• Tabel 2.13	: Kekuatan tersedia dari Joint dilas, ksi (Mpa)	47
• Tabel 2.14	: Tipe Elektroda las	50
• Tabel 3.1	: Maximum Support Spacings (mm).....	60
• Tabel 3.2	: Masses Zincalume Lysaght Klip-LokTM 700.....	60
• Tabel 3.3	: Kategori Risiko Bangunan Gedung	67

• Tabel 3.4	: Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi Balikpapan.....	68
• Tabel 3.5	: Faktor Arah Angin (Kd)	68
• Tabel 3.6	: Koefisien Tekanan Internal (GCpi)	69
• Tabel 3.7	: Koefisien Tekanan Dinding (Cp)	71
• Tabel 3.8	: Koefisien Tekan Eksternal.....	71
• Tabel 3.9	: Beban Angin untuk Perencanaan Gording	74
• Tabel 3.10	: Beban Yang Terjadi Pada Gording.....	76
• Tabel 3.11	: Penguraian Gaya Pada Gording.....	78
• Tabel 3.12	: Penguraian Gaya Pada Gording Atap.....	79
• Tabel 3.13	: Nilai momen dan lendutan gording atap	82
• Tabel 3.14	: Nilai momen dan lendutan gording dinding	83
• Tabel 3.15	: Beban Angin pada Joint.....	88
• Tabel 3.16	: Pembebanan Pada Struktur	93
• Tabel 3.17	: Gaya Normal Pada Batang (Fx).....	95
• Tabel 3.18	: Gaya lintang/Reaksi tumpuan pada batang (Fy).....	96
• 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 82	124
• Tabel 4.5	: Keterangan Beam Pada Node 120	126
• Tabel 4.6	: Keterangan Beam Pada Node 40	127
• Tabel 4.7	: Keterangan Beam Pada Node 100	129
• Tabel 4.8	: Kebutuhan Dimensi Ball Joint.....	130
• Tabel 4.9	: Dimensi Sambungan Mero Sistem	131

- Tabel 4.10 : Dimensi Hexagon Dan Conus Yang Digunakan131
- Tabel 4.11 : Gaya untuk Mendesain Tumpuan Gording133
- Tabel 4.12 : Gaya Yg Terjadi Pada Gording Atap No.2.....138
- Tabel 4.13 : Ukuran Minimum Las Sudut143
- Tabel 4.14 : Reaksi Maksimum dan Minimum yang terjadi148
- Tabel 4.15 : Ukuran Minimum Las Sudut161

DAFTAR GAMBAR

• Gambar 2.1 : Ruang Geometri Frame	9
• Gambar 2.2 : Gambar Space Truss Dan Connector.....	10
• Gambar 2.3 : Bagian-Bagian Sambungan Mero Sistem.....	35
• Gambar 2.4 : Baut, Hexagon dan Conus	35
• Gambar 2.5 : Ukuran Baut berdasarkan ASTM 325 dan ASTM 490	39
• Gambar 2.6 : Sambungan Mero Konektor.....	42
• Gambar 2.7 : Bagian Conus, Hexagon (Hexnut) dan Baut	43
• Gambar 2.8 : Base Plate dengan gaya aksial dan gaya geser	55
• Gambar 3.1 : Jarak Support Spacing	61
• Gambar 3.2 : Perletakan Beban Hidup/Air Hujan.....	66
• Gambar 3.3 : Koefisien Tekanan Eksternal.....	72
• Gambar 3.4 : Perletakan beban angin.....	75
• Gambar 3.5 : Perletakan Gording pada dinding	76
• Gambar 3.6 : Penguraian Beban pada Atap.....	77
• Gambar 3.7 : Penomoran Gording.....	80
• Gambar 3.8 : Bidang Momen pada Gording	81
• Gambar 3.9 : Lendutan pada gording	81
• Gambar 3.10: Letak Area Tributari Atap	86
• Gambar 3.11: Letak Area Tributari dinding.....	87
• Gambar 4.1 : Arah Penguraian gaya.....	132
• Gambar 4.2 : Detail Tumpuan Gording.....	137

- Gambar 4.3 : Nomor joint dan Beam139
- Gambar 4.4 : Penampang Base Plate dan Notasi.....148
- Gambar 4.5 : Rencana Penyangga Ball Joint149
- Gambar 4.6 : Penempatan Angkur pada base plate159
- Gambar 4.7 : Detail Base Plate.....165

DAFTAR NOTASI

- A = Luas Bidang Tekan. (Bab 2.5.3)
- A_I = Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, (mm^2). (Bab 2.7.1)
- A_2 = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, (mm^2). (Bab 2.7.1)
- A_b = Luas Penampang Angkur, (mm^2). (Bab 2.7.2)
- A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm^2). (Bab 2.5.4)
- A_{BM} = Luas penampang logam dasar dasar, in.² (mm^2). (Bab 2.6.3)
- A_e = Luas Neto Efektif, in.² (mm^2). (Bab 2.4.2)
- A_g = Luas Bruto dari komponen Struktur, in.² (mm^2). (Bab 2.4.2)
- A_{og} = Luas total bukaan pada amplop bangunan gedung (dinding-dinding dan atap, dalam ft²). (Bab 2.2.4)
- AT = Luas tributari dalam ft² (m²) yang didukung oleh setiap komponen struktural. (Bab 2.2.2)
- A_{we} = Luas efektif las, in.² (mm2). (Bab 2.6.3)
- A_{wei} = Luas efektif throat las dari setiap elemen las i th, in.² (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_{mvix} = 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)
- Mn = Momen Nominal Base Plate, (N.mm). (Bab 2.7.3)
- Mp = Momen Lentur Dari Base Plate, (N.mm). (Bab 2.7.3)
- Mpl = Momen Lentur Tervaktor Yang Terjadi Pada Base Plate, (N.mm). (Bab 2.7.3)
- n = Jumlah Angkur. (Bab 2.7.2)
- N = Panjang Base Plate. (Bab 2.7.1)

N' = Panjang kantilever base pelate dari muka kolom flens atau web

berdasarkan teori garis leleh = $\sqrt{\frac{d \cdot b_f}{4}}$. (Bab 2.7.3)

Φ = Faktor Tahanan Pada Angkur = 0.75 (Bab 2.7.2)

Φ_c = 0.6 (Bab 2.7.1)

Ω = Factor ketahanan, di syaratkan dalam bab B sampai Bab K (Bab 2.4.2)

P = Gaya tekan batang. (Bab 2.5.3)

P_i = Δ_i/Δ_{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)

ΦR_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/ft² (kN/m²). (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 Δ_{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/Ω = Kekuatan izin. (Bab 2.3.2)
- $Rnwi$ = Kekuatan nominal total dari las sudut yang di bebani longitudinal, seperti di tentukan menurut tabel 2.10, kips (N). (Bab 2.6.3)
- $Rnwt$ = 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^3 . (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)
- Δi = 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)

$\Delta m_i = 0.209 \cdot (\theta_i + 2) \cdot 0.32W$, deformasi elemen las i di tegangan maksimum, in. (mm). (Bab 2.6.3)

Δu_{cr} = Deformasi elemen las dengan rasio minimum $\Delta u_i/r_i$ pada tegangan ultimit (runtuh), umumnya pada elemen yang terjauh dari pusat rotasi seketika, in. (mm). (Bab 2.6.3)

Δu_i = Deformasi elemen las i di tegangan ultimit (runtuh), in.(mm). (Bab 2.6.3)

θ = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat. (Bab 2.6.3)

θ_i = Sudut antara sumbu longitudinal dari elemen i dan arah gaya resultan yang bekerja pada elemen, derajat. (Bab 2.6.3)

Φ = Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K. (Bab 2.3.2)

Φ = Besar sudut terkecil yang dibentuk dari 2 baut (rad). (Bab 2.5.5)

ΦR_n = Kekuatan desain. (Bab 2.5.5)

Ω = 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 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_r = 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)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelancaran pelaksanaan keselamatan penerbangan di Bandar Udara Sepinggan Balikpapan tergantung pada kesesuaian dan terpenuhinya fasilitas yang dibutuhkan oleh operasional bandara tersebut. Fasilitas tersebut antara lain Air Traffic Control, Apron dan Hanggar.

Hanggar merupakan salah satu fasilitas yang ada di Bandar udara yang digunakan untuk menyimpan pesawat dan memonitor kondisi pesawat serta tempat memperbaiki kerusakan pesawat apabila diperlukan. Hanggar terutama digunakan oleh pesawat-pesawat kecil. Secara umum Hanggar terbuat dari material besi meskipun ada yang dibuat dari kayu dan beton.

Desain Hanggar pesawat membutuhkan bentang lebar dan panjang yang bebas dari kolom, sehingga pesawat dapat masuk kedalam Hanggar tersebut, maka desain hanggar pesawat bandara Sepinggan Balikpapan dibangun dengan menggunakan struktur bentang lebar menggunakan rangka batang. Baja yang digunakan adalah baja pipa dengan menggunakan sambungan las. Bentang hanggar yang mencapai 85 meter ini membuat desain struktur atap harus di desain dengan menggunakan struktur bentang lebar dengan dimensi batang yang cukup besar.

Ada beberapa jenis struktur bentang lebar yang bisa di gunakan 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*).

Bentang lebar memiliki tingkat kerumitan yang berbeda satu dengan yang lainnya, kerumitan yang timbul dipengaruhi oleh gaya yang terjadi pada struktur tersebut. Dengan bentang yang cukup besar maka diperlukanlah dimensi struktur yang besar juga, sehingga dengan struktur yang memiliki dimensi yang besar mengakibatkan berat sendiri dari struktur akan menjadi besar.

Perkembangan ilmu konstruksi yang semakin pesat menghasilkan berbagai jenis struktur, sehingga memberikan berbagai alternatif pilihan. Dengan berbagai alternatif pilihan tersebut maka menjadi salah satu tantangan bagi perencana dan tenaga ahli untuk merencanakan suatu konstruksi yang mempunyai kendala tinggi, dalam arti kemampuan struktur untuk menahan dan mendistribusikan beban secara proposional sehingga diperoleh suatu konstruksi yang aman dan ekonomis.

Perancangan konstruksi rangka ruang atau tiga dimensi merupakan salah satu alternatif yang dikembangkan oleh para perencanan, seiring dengan semakin luasnya penggunaan aplikasi perangkat elektronis sebagai alat bantu dalam merencanakan suatu konstruksi.

Atas dasar latar belakang tersebut penulis akan meredesain struktur atas dari bangunan Hanggar pesawat tersebut menggunakan Struktur Ruang (Space Truss/ Frame) yang mana Space Truss merupakan struktur rangka tiga dimensi yang dibentuk dari struss dalam geometris pola. Space Truss dapat digunakan untuk konstruksi yang berbentang besar dengan mendukung beberapa interior. Seperti truss, bingkai ruang yang kuat karena kekakuan yang melekat pada segitiga,

melenturkan beban (lentur momen) ditularkan sebagai ketegangan dan kompresi beban sepanjang struss masing-masing.

Struktur 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. Sehingga bentuk dan ukurannya seragam dan persisi, Pekerjaan yang dibutuhkan hanya perakitan elemen struktur dan pemasangan, sehingga tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak, dan Bentuk strukturnya indah dan memiliki unsur estetika.

Oleh karena itu dalam penulisan tugas akhir ini, penulis mencoba untuk merencanakan kembali (Redesain) Hanggar Pesawat pada bandara udara Sepinggian balik papan dengan judul “*REDESIGN STRUKTUR ATAS (UPPER STRUCTURE) HANGGAR PESAWAT PADA BANDAR UDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN KALIMANAN TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR RUANG (SPACE TRUSS)*”

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai Berikut :

- 1) Berapakah dimensi baja pipa untuk struktur atas dari Hanggar Pesawat setelah menggunakan Struktur Ruang (*Space Truss*) ?
- 2) Berapakah Dimensi dari Conus, Hexagon (*Hexnut*) dan Baut dan ball joint yang digunakan dalam sambungan Mero Sistem ?
- 3) Berapakah tebal dan panjang sambungan las yang digunakan pada struktur atas hanggar pesawat bandar udara Sepinggian Balikpapan.

- 4) Berapakah dimensi Base Plate dan jumlah angkur yang aman digunakan dalam mendesain Struktur Atas hanggar Pesawat bandar udara Sepinggang Balikpapan.

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dilakukannya mendesain ulang pembangunan Hanggar Pesawat pada bandar Udara Sepinggang Balikpapan Kalimantan Timur adalah sebagai berikut :

- 1) Mengetahui dimensi baja pipa yang aman di gunakan dalam struktur atas (*Upper Structure*) Hanggar Pesawat Bandar Udara Sepinggang Balikpapan setelah menggunakan Struktur Ruang (*Space Truss*)
- 2) Mengetahui dimensi dari Conus, Hexagon (*Hexnut*) dan baut yang aman digunakan dalam sambungan Mero Sistem pada Struktur ruang hanggar pesawat bandara udara Sepinggang Balikpapan.
- 3) Mengetahui ketebalan dan panjang sambungan las yang aman digunakan dalam perencanaan struktur atas hanggar pesawat bandar udara Sepinggang Balikpapan.
- 4) Mengetahui dimensi Base Pelate dan jumlah angkur yang aman digunakan dalam mendesain struktur Atas hanggar Pesawat bandar udara Sepinggang Balikpapan.

1.4. Manfaat

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

- 1) Menambah pengetahuan, pengalaman serta memperdalam ilmu ketekniksipilan bagi penyusun dalam merencanakan struktur bentang lebar

dengan menggunakan struktur Ruang (*Space Truss*) dan Connector Mero Sistem.

- 2) Memberikan wawasan dan pengetahuan yang dapat dijadikan referensi atau contoh untuk mendesain bangunan bentang lebar bagi mahasiswa teknik sipil.
- 3) Memberikan alternatif bentuk lain yang dapat dipergunakan dalam perencanaan struktur atas pada pembangunan Hanggar pesawat bandar Udara Sepinggian Balikpapan.
- 4) 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.

1.5. Ruang Lingkup

Luasnya pembahasan yang ada pada proyek pembangunan Hanggar pesawat bandar udara Sepinggian ini tidak memungkinkan untuk membahas secara keseluruhan, sehingga penulis membatasi pembahasan permasalahan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut :

- 1) Struktur yang digunakan dalam mendesain ulang struktur atas (*Upper Structure*) Hanggar Pesawat bandar udara Sepinggian Balikpapan adalah dengan menggunakan struktur ruang (*Space Truss*)
- 2) Sambungan pada simpul menggunakan sambungan Mero Sistem.
- 3) Perencanaan hanya pada struktur atas yaitu : Base Pelate, Kolom dan struktur atap.

- 4) Tinjauan pembebanan adalah Beban mati, beban hidup, beban angin dan beban air hujan yang sesuai dengan SNI 1727-2015 "*Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*"
- 5) Acuan untuk analisa struktur baja adalah dengan Load Resistance and factor Desain (LRFD) dan berdasarkan SNI 1729-2015 "*Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*"
- 6) Perhitungan analisa Statika menggunakan Program bantu Structural Analysis And Design (StaadPro. V81/2007)

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Hanggar Pesawat

Bandar udara adalah kawasan didaratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, Bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. (*Direktorat Jendral Perhubungan Udara*).

Sarana dan prasarana didalam bandar udara memiliki fasilitas yang meliputi : Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara, meliputi: Fasilitas Landas Pacu (*Runway*), Fasilitas penghubung landas pacu (*Taxiway*), Fasilitas Pelataran parkir pesawat udara (*Apron*), Fasilitas Obstruction Restriction, Fasilitas Bangunan Operasi yang meliputi 1) Gedung Operasional antara lain; PKP-PK, menara kontrol, stasiun meteorologi, Gedung NDB, Gedung VOR dan gedung DME, (*Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : Skep/77/Vi/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*).

Dalam pembahasan skripsi ini penulis membahas terkait pembangunan fasilitas bandar udara yaitu pembangunan fasilitas tempat parkir pesawat Udara (*Hanggar Pesawat*).

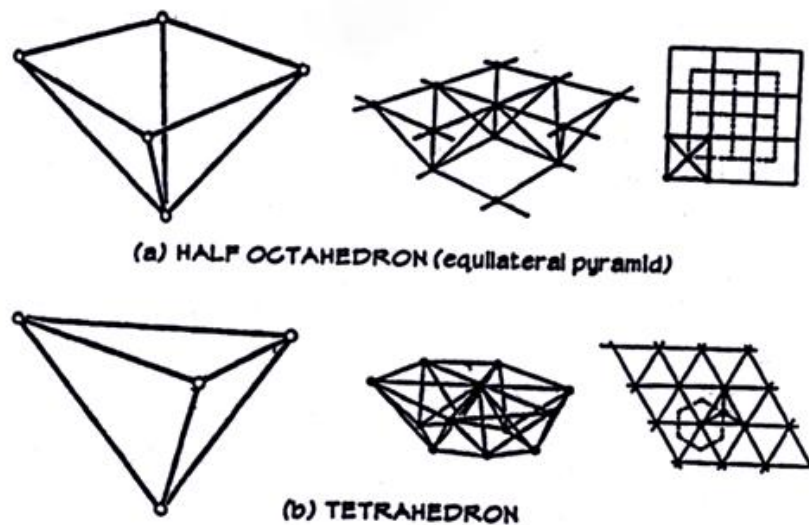
Hanggar merupakan salah satu fasilitas yang ada di Bandar udara yang digunakan untuk menyimpan pesawat dan memonitor kondisi pesawat serta

tempat memperbaiki kerusakan pesawat apabila diperlukan. Hanggar juga merupakan usaha komersial bagi Bandara sehingga desain kriteria konfigurasi ruangnya harus sefleksibel mungkin. Sehingga dapat memuat beragam jenis pesawat dan ukuran serta memungkinkan digunakan dalam konfigurasi yang berbeda-beda.

2.1.2 Pengertian Space Truss

Space Truss adalah sistem struktural berupa elemen linear sehingga gaya yang terjadi dapat diteruskan menjadi elemen tiga dimensi. Secara umum, *Space Truss* digunakan sebagai tampilan pada frame elemen pelat dan struktur lengkung. Space Truss mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan sistem struktural lainnya, antara lain Space Truss merupakan material yang ringan, sehingga sangat cocok digunakan elemen atap struktur bentang lebar.

Istilah *Space Truss* seperti yang sering digunakan meliputi koneksi terjepit dan kaku. sebagian besar terdiri dari kerangka ruang identik, modul berulang, dengan sejajar lapisan atas dan bawah (yang sesuai dengan akord truss). Sementara ruang geometri frame bisa sangat beragam (*Pearce, 1978; Borrego, 1968*), ada yang setengah oktahedron (*empat sisi piramida*) dan tetrahedron (tiga sisi piramida) modul polyhedral digunakan secara luas untuk bangunan (*Gambar 2.1*). Meskipun sering digunakan untuk menutupi ruang besar dengan atap datar horizontal, rangka ruang disesuaikan untuk berbagai konfigurasi, termasuk dinding dan atap miring serta melengkung.

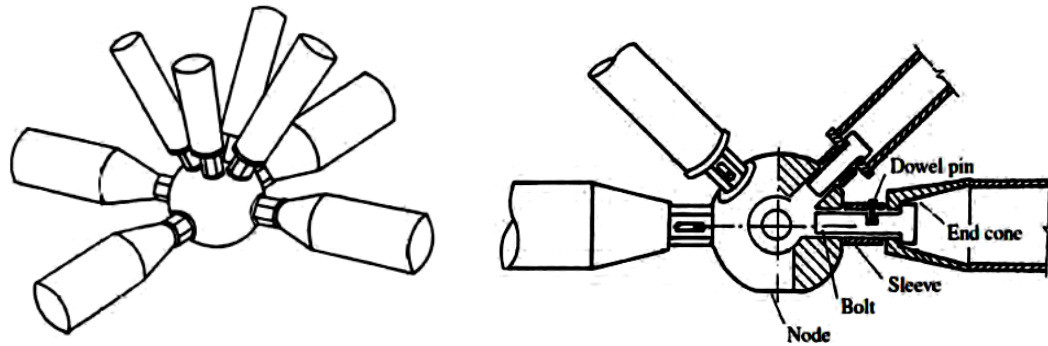


Gambar 2.1. Ruang Geometri Frame

Pembangunan *Space Truss* pertama kali dipelopori oleh insinyur Jerman, Schwedler dan Zimmermann pada abad ke- 19. Zimmermann membuat bentang sepanjang 361 ft (108,3 m) pada *Exhibition Structures* di Lyons pada awal 1894.

Space Truss juga dibangun oleh Schwedler di Civic Centre di Charlotte, Carolina Utara, Amerika Serikat setelah Perang Dunia ke-2 dengan panjang bentang 332 ft (99,6 m). Pencapaian tersebut adalah hal yang luar biasa pada waktu itu. Sistem ini dilanjutkan pada 1937, ketika Dr. Mengerinhausen tertarik kepada struktur *Space Truss/Frame* . Dia menyadari bahwa penggunaan *Space Truss* dalam skala besar akan menjadi mungkin jika produksi dipindahkan ke pabrik dan dilakukan perakitan di lapangan.

Dr. Mengerinhausen mengembangkan studi yang bertujuan untuk mereduksi perakitan dan penemuannya tentang MERO konektor menjadi solusi dalam perakitan yang lebih mudah. *Space Truss* yang menggunakan nodal berbentuk bola pejal dan batang HSS (*Hollow Structural Section*) ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Gambar Space Truss dan connector

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.

Sedikit ada perbedaan antara space frame dan space truss dimana space truss yaitu rangka tiga dimensi yang terdiri dari batang-batang yang saling menyambung dan tidak menerima gaya momen, dan torsi, sedangkan space frame menerima gaya momen dan torsi.

Menurut Dr. Ing. Z. S. Makowski dalam bukunya yang berjudul Konstruksi ruang baja, Struktur ruang dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok utama sebagai berikut :

- 1) Struktur trali yang terdiri atas rangkaian batang yang disatukan dengan lainnya oleh titik simpul.
- 2) Struktur dengan selaput logam, elemen penutup pada struktur ini menahan gaya luar.
- 3) Segala macam konstruksi gantung.

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 :

2.2.1 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

2.2.2 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 2,5 ft (762 mm) persegi x 2,5 ft (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 12 psf ($0,58 \text{ kN/m}^2$).

$$L_r = L_0.R_1.R_2 \text{ dimana } 12 \leq L_r \leq 20 \dots\dots\dots(2.2.2-1)$$

Dalam SI

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

Dimana :

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

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*).

Faktor reduksi R1 dan R2 harus di tentukan sebagai berikut.

1	<i>Untuk $A_T \leq 200 \text{ ft}^2$</i>
$R_1 = 1.2 - 0.001 A_T$	<i>Untuk $200 \text{ ft}^2 < A_T < 600 \text{ ft}^2$</i>
0.6	<i>Untuk $A_T \geq 600 \text{ ft}^2$</i>

Dalam SI

1	<i>Untuk $F \leq 4$</i>
$R_1 = 1.2 - 0.005 F$	<i>Untuk $4 < F < 12$</i>
0.6	<i>Untuk $F \geq 12$</i>

Dimana :

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

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

$$R_2 = 1.2 - 0.005 F \quad \text{Untuk } 4 < F < 12$$

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

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.

2.2.3 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 lb/ft^2 (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*)

2.2.4 Beban angin

- **Menentukan Kategori Risiko**

Faktor kategori risiko mempengaruhi besar kecilnya kategori yang di gunakan, sehingga untuk menentukan kategoro 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

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^a.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	<p>IV</p>
---	-----------

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 1.5-1

- **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 33 ft (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}

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

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 :

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

Dimana :

A_{og} = Luas total bukaan pada amplop bangunan gedung (dinding-dinding dan atap, dalam ft^2)

V_i = Volume Internal ruang tanpa partisi, dalam ft^3

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 :

$$q_z = 0.00256.K_z.K_{zt}.K_d.V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.2.4-3)$$

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

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:

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

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 impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, q_i secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($q_i = q_h$)

$G =$ 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*)

(GC_{pi}) = Koefisien tekanan internal dari Tabel 26.11-1 (*SNI 1727-2013*)

2.2.5 Beban Gempa

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisa dinamis 3 dimensi. Fungsi *response spectrum* ditetapkan sesuai peta wilayah gempa sebagaimana ketentuan dalam SNI 03-1726-2012, serta mempertimbangkan kondisi tanah dilokasi rencana struktur bangunan. Parameter-parameter perhitungan gaya gempa berupa *base shear* mengacu pada ketentuan yang telah diatur dalam SNI 03-1726-2012.

2.2.6 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 :

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

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)

Φ = Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K (SNI 1729-2015)

ΦR_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)

Ω = Faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K (SNI 1729-2015)

R_n / Ω = Kekuatan izin

2.3.3 Desain Ketebalan Dinding Desain PSB

Dalam (SNI 1729-2015 Pasal B4) Desain ketebalan dinding t harus digunakan dalam perhitungan dengan melibatkan ketebalan dinding Hollow Structural Section (HSS). 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 U adalah faktor Shear lag.

Faktor Shear lag dapat ditentukan 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 $U = 1.0$

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

Dimana : 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 digunakan 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, in. (mm)

\bar{X} = Eksentirsitas Sambungan, in. (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.

$$Ru \leq \Phi.Rn \dots\dots\dots(2.4.2-1)$$

Dimana :

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

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

Φ = Factor ketahanan, di syatkan dalam Bab B sampai Bab K

ΦR_n = Kekuatan desain

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal D2) Kekuatan tarik desain, $\Phi_t P_n$, dan Kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_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, in² (mm²)

A_g = Luas Bruto dari komponen Struktur, in² (mm²)

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/Ω_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.

$$R_u \leq \phi_c R_n \dots\dots\dots(2.4.3-1)$$

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

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 λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_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, λ_p , Jika rasio

tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_p . Tetapi tidak boleh melebihi λ_r , maka penampang tersebut di sebut nonkompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi λ_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 = 29.000 ksi (200.000 Mpa)

F_y = Tegangan leleh minimum yang di syartakan, ksi (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.


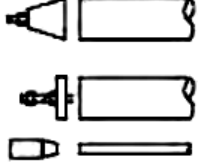


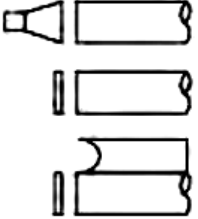





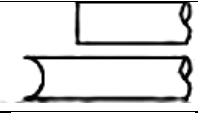


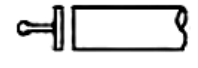

Sistem sambungan pada space Truss lebih penting dari pada beberapa tipe lain, dikarenakan batang yang disambung akan menjadi system sambungan tunggal. Lebih jauh lagi, members 6 yang terletak pada area 3 dimensi yang membuat transfer beban menjadi lebih kompleks.

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


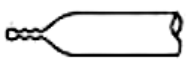


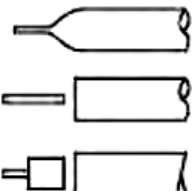



a) Tipe sambungan bola

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


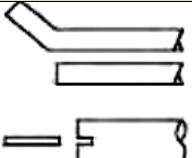




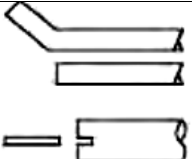




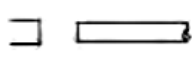


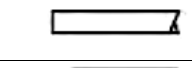



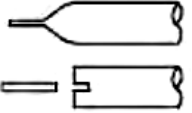



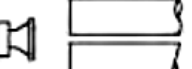


b) Tipe Sambungan Silinder

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


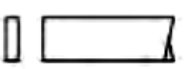


c) Menggunakan Lempengan

Tabel 2.5.C. Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda

Node	Connector Member	Cross Section	Examples
Disc	 Flat		   Palc, Spain Power Strut, United States Pieter Huybers, Netherlands
	 Flat		   Palc, Spain Power Strut, United States Pieter Huybers, Netherlands
	 Flat		 Tridimatec, France
	 Flat		  Moduspan (Unistrut), United States; Space Truss System VI (Unistrut), United States
	 Welded		  Boyd Auger, United States; Octatube, Netherlands Piramodul Large Span, Netherlands
	 Welded		  Nodus, United Kingdom

d) Menggunakan Prisma

Tabel 2.6. Tipe Sambungan Dengan Menggunakan Noda

Node	Connector Member	Cross Section	Examples
Prism	 Solid		  Montal, Germany Mero BK, Germany





			Mero TK and ZK, Germany
			Mero NK, Germany
			Stterwhite, United States

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

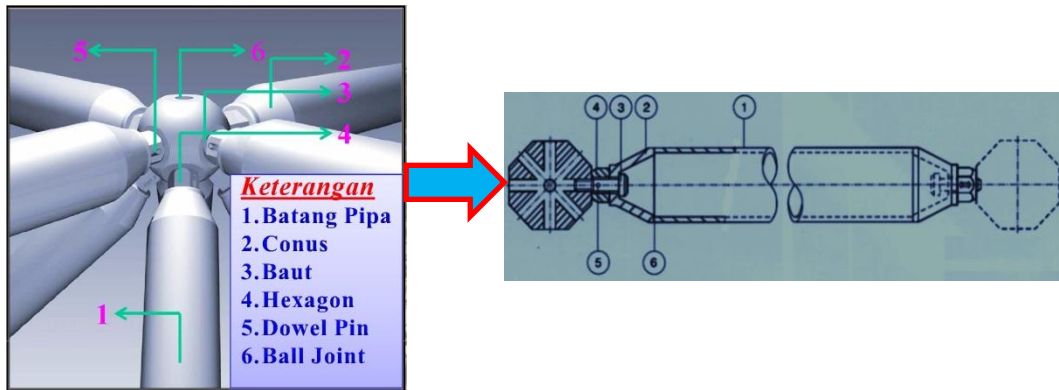
			Nameless System, Italy
3D Components			Cubic, United Kingdom

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

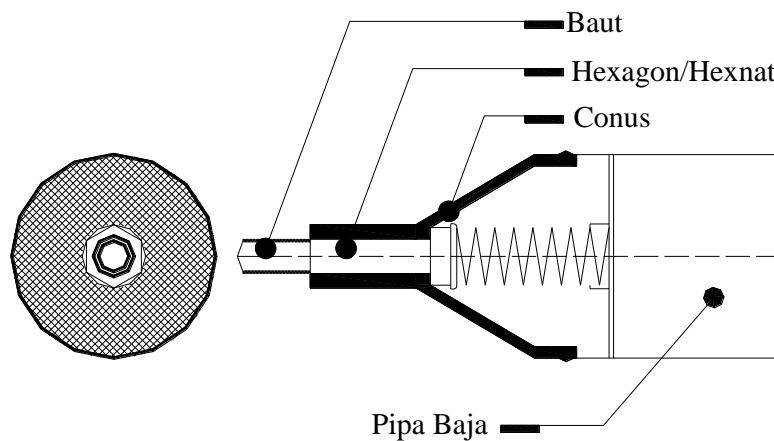
Di Indonesia perencanaan struktur rangka ruang masih sangat terbatas untuk profil bulat dan sambungan dengan Mero Sistem. Mengeringhausen (*Jerman, 1942*) menyebutkan bahwa Mero Sistem mempunyai dua elemen dasar sebuah batang dan bola penghubung yang mempunyai delapan belas lubang berulir. Mero sistem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

$$Dc = n * t_3 \dots\dots\dots(2.5.2-1)$$

Dimana:

- n = rasio perbandingan diameter conus dan diameter pipa Truss

Tebal dari conus dapat diambil dengan rumus sebagai Berikut :

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

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 :

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

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

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

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

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

Kapasitas tekan maksimum Hexagon :

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

Kontrol desain Hexagon (*Hexnut*)

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

Dimana :

- P = Gaya tekan batang
- Wr = Wrench (diambil dari tabel)
- Hl = 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 dikalibrasi atau baut desain alternatif.

Kekuatan tarik atau geser desain, ΦR_n dan kekuatan tarik atau geser yang diizinkan, R_n/Ω 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:

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

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

Dimana :

A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.² (mm²)

F_n = Tegangan tarik nominal, Fnt, atau tegangan geser, Fnv dari tabel J3.2 (SNI 1729-2015), ksi (Mpa)

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

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn \dots\dots\dots(2.5.4-2)$$

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_n , ksi	
		ASTM A325 or F1852 Bolt	ASTM A490 Bolt
Tension ^a	Static	90	113
	Fatigue	See Section 5.5	
Shear ^{ab}	Threads included in shear plane	48	60
	Threads excluded from shear plane	60	75

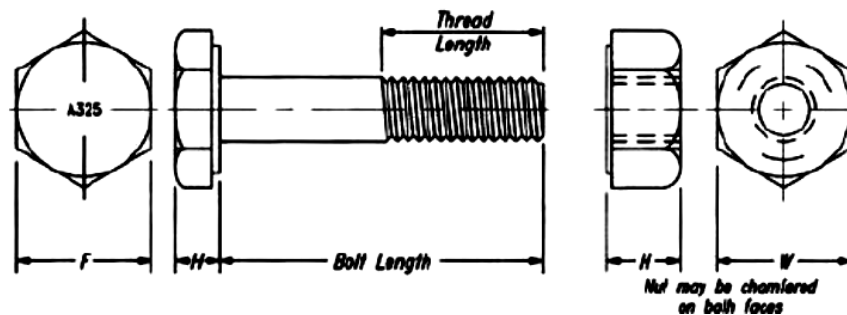
^a Except as required in Section 5.2.
^b In shear connections that transmit axial force and have length between extreme bolts measured parallel to the line of force exceeds 50 in., tabulated values shall be reduced by 20 percent.

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_1 , in.	Thread Length T , in.	Width across flats W , in.	Height H_2 , in.
$1/2$	$7/8$	$5/16$	1	$7/8$	$31/64$
$5/8$	$1 1/16$	$25/64$	$1 1/4$	$1 1/16$	$39/64$
$3/4$	$1 1/4$	$15/32$	$1 3/8$	$1 1/4$	$47/64$
$7/8$	$1 7/16$	$35/64$	$1 1/2$	$1 7/16$	$55/64$
1	$1 5/8$	$39/64$	$1 3/4$	$1 5/8$	$63/64$
$1 1/8$	$1 13/16$	$11/16$	2	$1 13/16$	$1 7/64$
$1 1/4$	2	$25/32$	2	2	$1 7/32$
$1 3/8$	$2 3/16$	$27/32$	$2 1/4$	$2 3/16$	$1 11/32$
$1 1/2$	$2 3/8$	$15/16$	$2 1/4$	$2 3/8$	$1 15/32$

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.

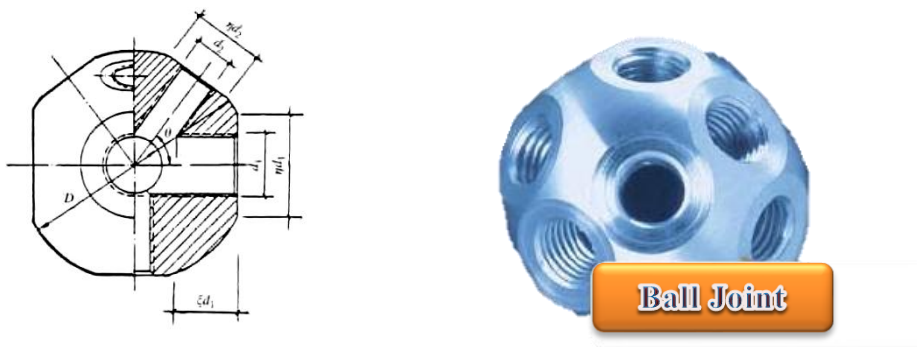
Jenis bola baja diklasifikasikan berdasarkan lubang baut yang ada, dan keberadaan lubang ini oleh perencana disesuaikan dengan struktur yang dibuat. Bola baja di bedakan menjadi dua tipe yaitu :

1. Tipe Standart

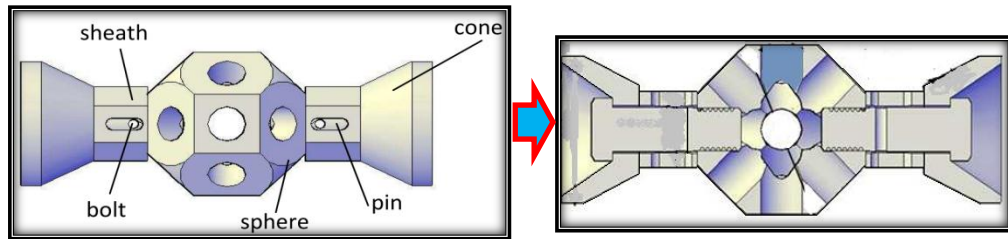
Bola baja mempunyai lubang baut dengan arah yang teratur, yaitu arah yang diambil dari sudut ruang dua buah kubus yang tersusun yang mengarah kepusatnya sebagai posisi bola baja. Maksimum lubang baut adalah 18 buah lubang sesuai dengan arah sudut dan sumbu ruang tersebut.

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 hanggar pesawat 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

Ketebalan Material dari bagian paling tipis yang tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum las Sudut,^[a] in. (mm)
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)
^[a] 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 :

- Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari ¼ in. (6 mm); tidak lebih besar dari ketebalan material.
- 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, β 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, in. (mm)
- W = ukuran dari kaki las, in. (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 $1 \frac{1}{2}$ in. (38 mm).

Pada joint lewatan, jumlah minimum dari lewatan harus lima kali ketebalan dari bagian tertipis yang dihubungkan, tetapi tidak kurang dari 1 in. (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 $\frac{3}{4}$ in. (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, ΦR_n dan kekuatan yang diizinkan, R_n/Ω , 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, ksi (Mpa)

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

A_{BM} = Luas penampang logam dasar dasar, in.² (mm²)

A_{we} = Luas efektif las, in.² (mm²)

Nilai Φ , Ω , 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 Sejajar sumbu las	Tarik atau tekan dalam bagian-bagian yang dihubungkan sejajar las tidak perlu diperhitungkan dalam desain las-las yang menghubungkan bagian-bagian tersebut				

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

Alternatif untuk las sudut, kekuatan yang tersedia di izinkan di tentukan 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, ksi (Mpa)

θ = 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, in.² (mm²)

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

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

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

F_{nwi} = Komponen-x dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (Mpa)

F_{nwi} = Komponen-y dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (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 Δ_{ui} / r_i , in.(mm)

r_i = Jarak dari pusat rotasi seketika pada elemen las i , in. (mm)

x_i = Komponen x dari r_i

- y_i = Komponen y dari r_i
- Δ_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 , in. (mm)
- Δ_{mi} = $0.209 \cdot (\theta_i + 2)^{-0.32} W$, deformasi elemen las i di tegangan maksimum, in. (mm)
- Δ_{ucr} = Deformasi elemen las dengan rasio minimum Δ_{ui} / r_i pada tegangan ultimit (runtuh), umumnya pada elemen yang terjauh dari pusat rotasi seketika, in. (mm)
- Δ_{ui} = $1.087 \cdot (\theta_i + 6)^{-0.65} \cdot w \leq 0.17 \cdot w$, deformasi elemen las i di tegangan ultimit (runtuh), in.(mm)
- θ_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 terkomposisi, 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

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

Dimana :

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

$$\Phi.R_{nw} = 0.75 \times t_e \times (0.6 \times F_{uw}) \dots\dots\dots(2.6.3-10)$$

Kuat rencana las sudut untuk bahan dasar

$$\Phi.R_{nw} = 0.75 \times t_e \times (0.6 \times F_u) \dots\dots\dots(2.6.3-11)$$

Panjang total las yang dibutuhkan :

$$L_w = \frac{T_u \text{ atau } V_u}{\Phi.R_{nw}} \dots\dots\dots(2.6.3-12)$$

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.

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

Kekuatan Bantalan Beton Minimum :

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

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

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

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

$$A_1(\text{reg}) = \frac{P_u}{f_p(\text{Max})} \dots\dots\dots(2.7.1-5)$$

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

$$A_1(\text{reg}) = \frac{P_u}{0.6 \times 0.85 \times f_c'} \dots\dots\dots(2.7.1-6)$$

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

$$A_1(\text{reg}) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{P_u}{0.6 \times 0.85 \times f_c'} \right) \dots\dots\dots(2.7.1-7)$$

Dimana :

$$\Phi_c = 0.6$$

f_c = Mutu kuat tekan beton Mpa

A_1 = Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm²

A_2 = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm²

- **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

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

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

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

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

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

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

Maka tebal Pelat dapat ditentukan dengan rumus :

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

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

• **Kategori 2 (Case 2 A₂ = A₁)**

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

- a. Hitung Kebutuhan beban aksial yang terjadi (*P_u*)
- b. Hitung Kebutuhan luas penampang base plate baja (*A₁*)

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

- 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 (Pp) di tentukan sebagai berikut :

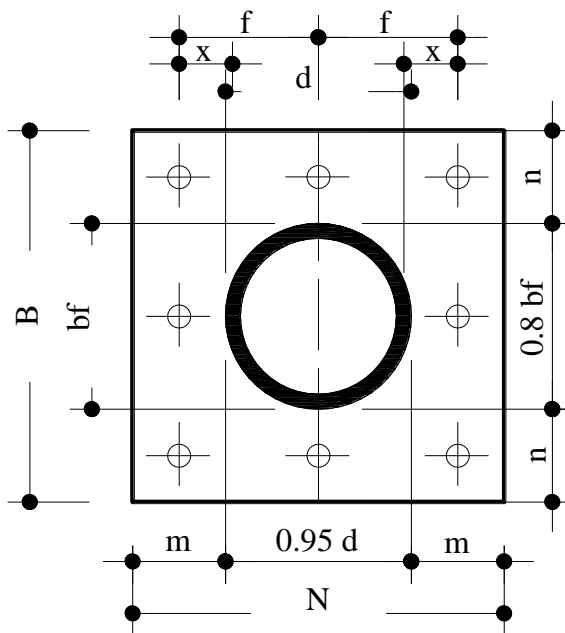
$$\phi Pp = \phi \cdot f'_c \cdot 2 \cdot A_1 \dots\dots\dots(2.7.1-18)$$

- **Kategori 3 (Case 2 $A_1 < A_2 < 4 \cdot A_1$)**

Untuk menentukan dimensi base plate pada Kategori tiga adalah sebagai berikut

- a. Hitung Kebutuhan beban aksial yang terjadi (Pu)
- 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 (Pp) di tentukan sebagai berikut :

$$Pu \leq \phi Pp = \phi \cdot f'_c \cdot 2 \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \dots\dots\dots(2.7.1-19)$$



Gambar 2.8. Base Plate Dengan Gaya Aksial Dan Gaya Geser

Keterangan Gambar :

B = Lebar Base Plate

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 :

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \dots\dots\dots(2.7.2-1)$$

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b \dots\dots\dots(2.7.2-2)$$

Untuk angkur tipe A307 :

$$F_t = 407 - 1.9F_V < 310 \dots\dots\dots(2.7.2-3)$$

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

Untuk tipe A325 dengan ulir diluar bidang geser

$$F_t = 807 - 1.5.f_V < 621 \dots\dots\dots(2.7.2-5)$$

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

Dimana :

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

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

Φ = Faktor Tahanan Pada Angkur = 0.75

F_V = Kuat Geser Nominal Angkur, Mpa

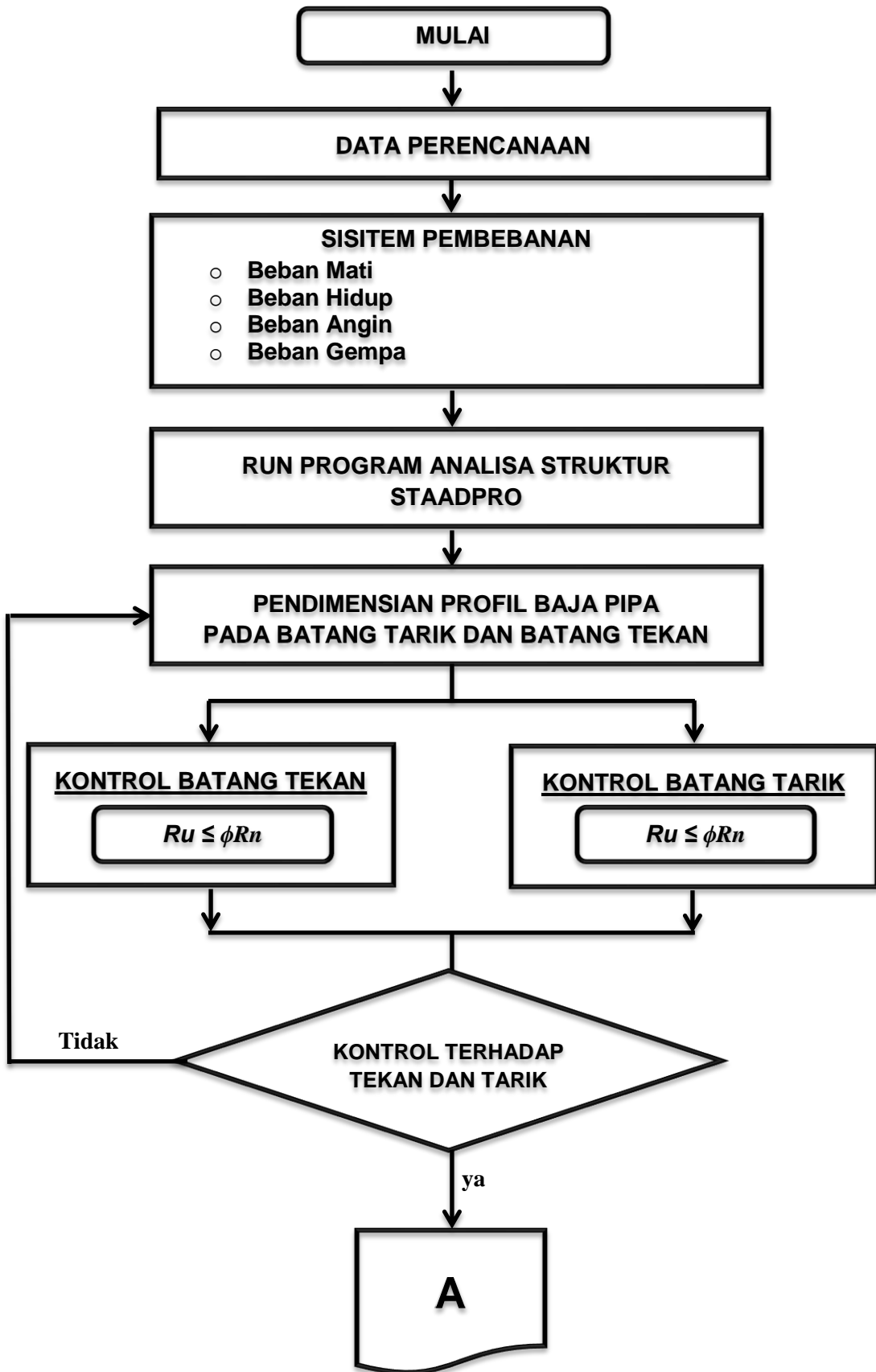
A_b = Luas Penampang Angkur, Mm^2

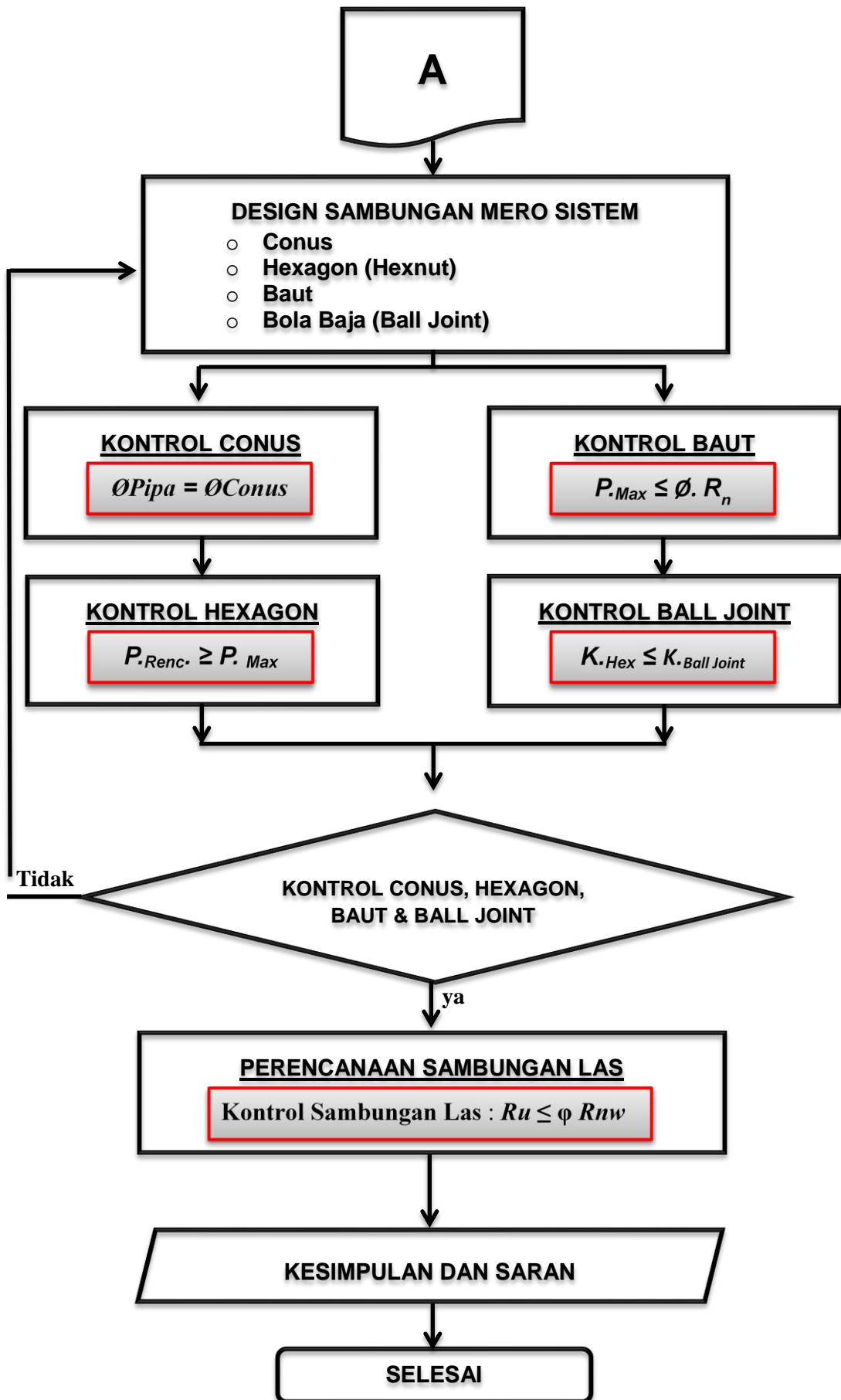
F_t = Kuat Tarik Nominal Angkur, Mpa

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 Data- Data Perencanaan

Data – data perencanaan untuk mendesain ulang hanggar pesawat bandar udara Sepingga Balikpapan sebagai berikut :

- Nama Bangunan : Pembangunan Hanggar Pesawat
- Lokasi Pembangunan : Dikawasan Bandar Udara Sepingga, Balikpapan selatan, Kota Balikpapan, Kalimantan timur, dengan Koordinat $1^{\circ}16'5''5\text{LU} - 116^{\circ}53'40'\text{BT}$
- Fungsi Bangunan : Hanggar (*Parkiran*) Pesawat
- Jumlah lantai : 1 Lantai
- Bentang Memanjang : 85,00 m
- Bentang Melintang : 46.00 m
- Tinggi gedung : 26.00 m
- Struktur : Struktu Rangka Baja Pipa
- Penutup Atap : Zinalume Lysaght Klip-LokTM 700
- Sambungan : Sambungan untuk struktur atap menggunakan sambungan Mero Sistem

3.2 Perencanaan Pembebanan

Struktur atas hanggar pesawat bandar udara sepinggang balikpapan 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 Zinalume Lysaght Klip-LokTM 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

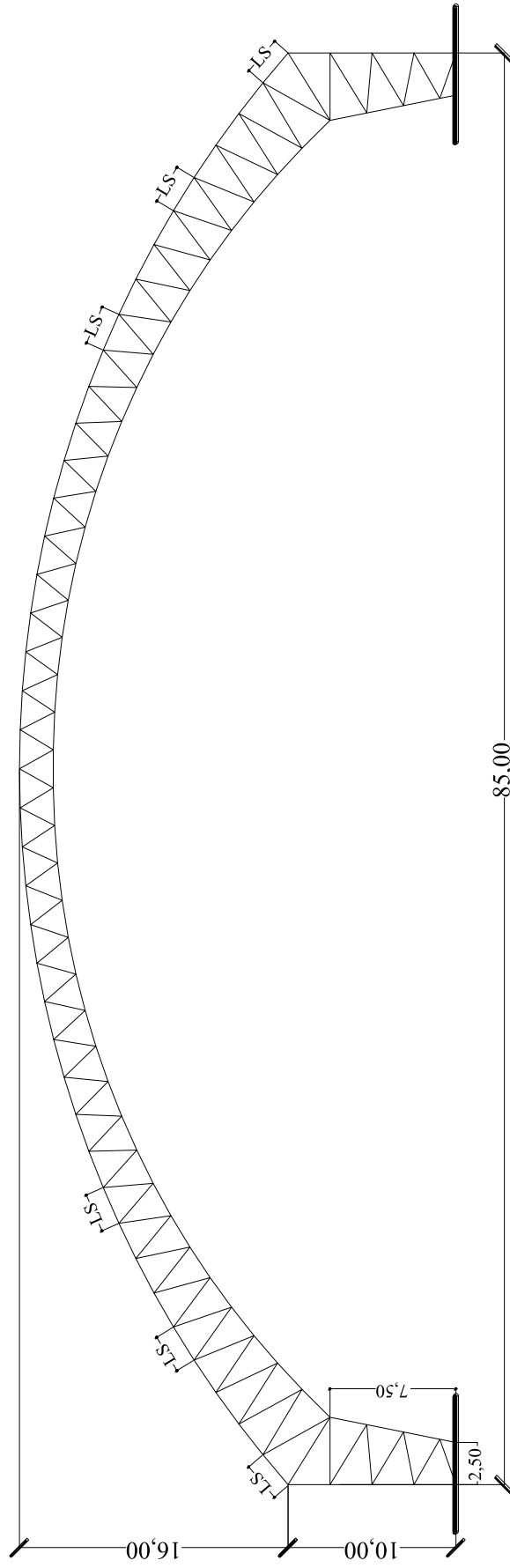
Keterangan :

- 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 Zinalume Lysaght Klip-LokTM 700

BMT	TCT	Product	kg/m	kg/m ²
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 Suport Spacings



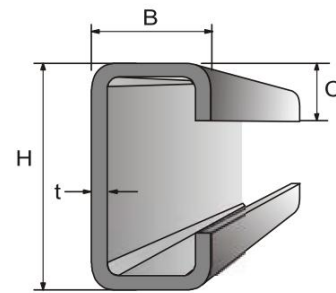
3.2.1 Beban Mati

Direncanakan :

- Jarak Antar Gording Atap = 2,320 m
- Jarak Antar Gording Dinding = 2,500 m
- Panjang Gording = 3,000 m
- Lebar Bangunan = 85,000 m
- Lebar Atap Klip-LokTM 700 = 700,00 mm
- Berat Atap Klip-LokTM 700 = 4,970 Kg/m²
- Kemiringan Atap = 0° - 40,228°

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

- Section Area (A) = 7,010 Cm²
- Unit Weight (W) = 5,500 Kg/m
- Momen Of Inertia (Ix) = 106,000 Cm⁴
- Momen Of Inertia (Iy) = 24,000 Cm⁴
- Modulus Plastis (Zx) = 21,300 Cm³
- Modulus Plastis (Zy) = 7,500 Cm³
- Modulus Penampang (Sx) = 21,300 Cm³
- Modulus Penampang (Sy) = 7,800 Cm³
- Tegangan leleh (Fy) = 176,40 N/mm² = 1764,00 Kg/Cm²
- Tegangan tarik (Fu) = 333,20 N/mm² = 3332,00 Kg/Cm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000,00 N/mm²



Luas Tributari Atap :

$$\begin{aligned}
 A_T &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\
 &= 3,000 \times 2,320 \\
 &= 6,960 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas Tributari dinding :

$$\begin{aligned}
 A_T &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\
 &= 3,000 \times 2,500 \\
 &= 7,500 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Akibat Beban Mati :

- Berat Sendiri Gording = 5,500 Kg/m
- Berat Penutup Atap = Jarak Antar Gording x Berat Penutup Atap
= 2,320 m x 4,970 Kg/m²
= 11,530 Kg/m
- Berat Penutup Dinding = Jarak Antar Gording x Berat Penutup Atap
= 2,500 m x 4,970 Kg/m²
= 12,425 Kg/m
- Jumlah Beban Mati Atap = Berat Sendiri Gording + Berat Penutup Atap
= 5,500 + 11,530
= 17,030 Kg/m
- Beban Sambungan (10%) = 10 % x Jumlah Beban Mati
= 10 % x 17,030
= 1,703 Kg/m
- Jumlah Total (G) = 17,030 + 1,703
= 18,733 Kg/m
- Jumlah Beban Mati Dinding = Berat Sendiri Gording + Berat Penutup Dinding
= 5,500 + 12,425
= 17,925 Kg/m
- Beban Sambungan (10%) = 10 % x Jumlah Beban Mati
= 10 % x 17,925
= 1,793 Kg/m
- Jumlah Total (G) = 17,925 + 1,793
= 19,718 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_0 adalah 20 psf atau 0,96 kN/m² (Sumber : Tabel 4-1 SNI 1727-2013).

Di ketahui :

- Nilai rasio tinggi terhadap bentang (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Tinggi Atap}}{\text{Bentang Atap}} \times 32 \\ &= \frac{16,000}{85,000} \times 32 \\ &= 6,024 \end{aligned}$$

- Faktor Reduksi 1 (R_1) :

$$\begin{aligned} &= 1 && \text{Untuk } A_T \leq 18,58 \text{ m}^2 \\ R_1 &= 1,2 - 0,011 \cdot A_T && \text{Untuk } 18,58 \text{ m}^2 < A_T < 55,74 \text{ m}^2 \\ &= 0,6 && \text{Untuk } A_T \geq 55,74 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka Faktor reduksi 1 (R_1) dengan $A_T = 4,350 \text{ m}^2$, digunakan = 1

- Faktor Reduksi 2 (R_2) :

$$\begin{aligned} &= 1 && \text{Untuk } F \leq 4 \\ R_2 &= 1,2 - 0,05 \cdot F && \text{Untuk } 4 < F < 12 \\ &= 0,6 && \text{Untuk } F \geq 12 \end{aligned}$$

Maka Faktor reduksi 1 (R_2) dengan $F = 6,024$, digunakan

$$\begin{aligned} R_2 &= 1,2 - 0,05 \cdot F \\ &= 1,2 - 0,050 \times 6,024 \\ &= 0,899 \end{aligned}$$

Reduksi pada beban hidup atap.

$$\begin{aligned}
 L_r &= L_0 \times R_1 \times R_2 \text{ (2.2.2-2)} \\
 &= 0,96 \times 1,00 \times 0,90 \\
 &= 0,863 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 86,287 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Syarat beban hidup atap (*dalam kN/m²*)

$$\begin{aligned}
 0,58 &\leq L_r \leq 0,96 \\
 0,58 &\leq 0,863 \leq 0,96 \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

Untuk beban terpusat yang berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya idem dengan beban hidup terdistribusi merata minimum (*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 hanggar pesawat 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

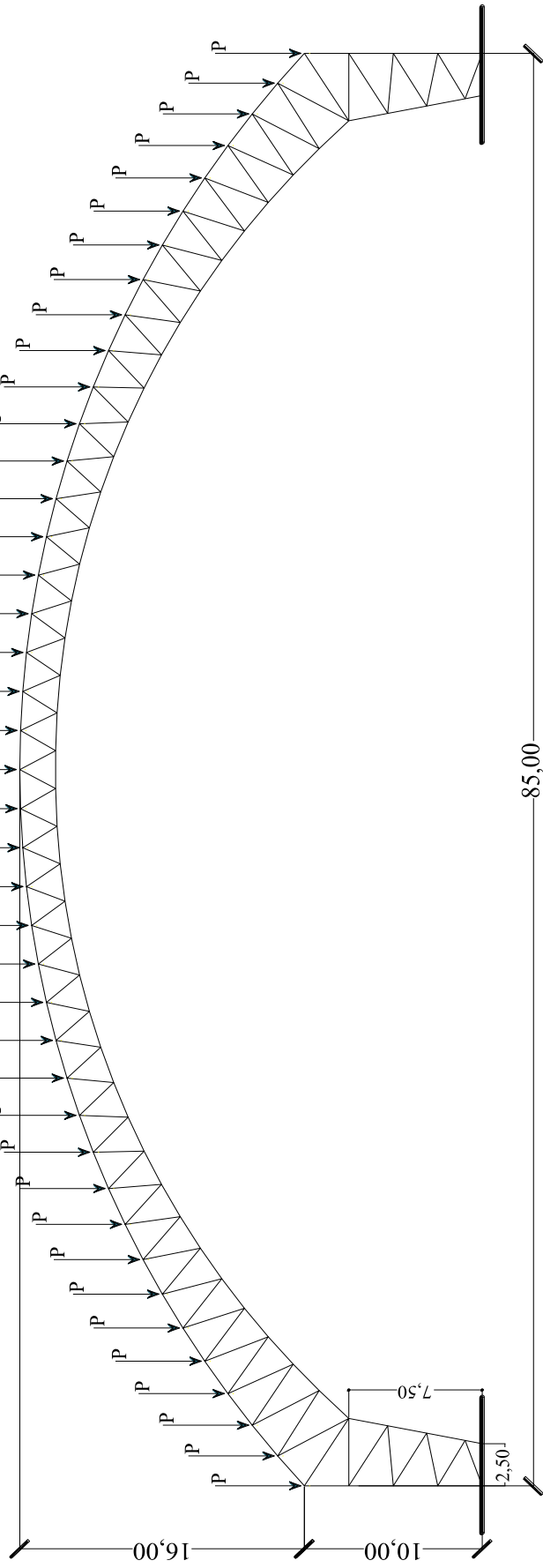
Direncanakan :

- 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

$$\begin{aligned}
 R &= R \times \text{Jarak antar gording} \\
 &= 19,600 \times 2,320 \\
 &= 45,47 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.2 Perletakan Beban Hidup/Air Hujan

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^a.</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 hanggar pesawat termasuk dalam kategori Resiko bangunan III

- Kecepatan Angin Dasar (V)

Tabel 3.4 Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi Balikpapan

Unsur Cuaca	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
Jumlah Curah Hujan (mm)	254,20	293,50	244,20	181,80	483,40	230,20	361,80	165,60	76,90	203,00	243,80	176,00
Jumlah Hari hujan (kali)	22	22	17	21	18	18	24	18	7	18	18	19
Mak. crh Hujan harian (mm)	50,90	60,80	44,80	51,50	148,00	49,50	82,50	36,60	55,20	44,10	109,50	43,10
Arah Angin terbanyak	NWN	NW	N	E	SW	SW	SW	SW	SW	SW	N	N
Kecepatan Rata-rata (knot)	4	4	4	4	4	5	6	7	6	4	3	3
Kecepatan Maksimum (knot)	31	26	25	27	26	27	23	16	19	22	15	19

Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Balikpapan (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 Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama Segi empat Segi enam Bundar	0,90 0,95 0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85 0,85
Rangka batang menara Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85 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 *Ekspour 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.

$$\begin{aligned}
 n_a &= \frac{75}{h} \\
 &= \frac{75}{18} \\
 &= 4,167 \text{ hz} > 1,00 \text{ hz} \text{ ----- Kaku}
 \end{aligned}$$

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 struktur bangunan Hanggar Pesawat 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	0,00
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 20 m maka z harus interpolasi sebagai berikut :

Diketahui

- Tinggi rata - rata (h) = 18,00 m
- Tinggi elevasi (z) = 10,00 m

Koefisien eksposur Tekanan Velositas untuk angin datang :

Tinggi (z)	Velositas K_z
$z_1 = 9,100$	$= 0,700$
$z_2 = 12,200$	$= 0,760$

$$K_{z, 10 m} = 0,700 + \frac{[10,000 - 9,100]}{[12,200 - 9,100]} \times 0,760 - 0,700$$

$$= 0,717$$

Koefisien eksposur Tekanan Velositas untuk angin pergi :

$$K_{h \cdot 18 m} = 0,857$$

Tekanan Velositas untuk angin datang :

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

$$= 0,613 \times 0,717 \times 1,00 \times 0,85 \times 15,93^2$$

$$= 94,91 \text{ N/m}^2$$

Tekanan Velositas untuk angin pergi :

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

$$= 0,613 \times 0,857 \times 1,00 \times 0,85 \times 15,93^2$$

$$= 113,33 \text{ N/m}^2$$

- Koefisien Tekanan Eksternal Untuk Dinding

Untuk menentukan koefisien tekanan eksternal pada dinding di sisi angin pergi yaitu berdasarkan perbandingan dimensi horizontal bangunan gedung yang di ukur tegak lurus terhadap arah angin (L), terhadap dimensi horizontal bangunan gedung yang di ukur sejajar terhadap arah angin (B).

$$L/B = \frac{85,000}{48,000} = 1,771 \text{ Maka digunakan (2)}$$

Tabel 3.7 Koefisien Tekan Dinding (C_p)

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 27.4-1

- Koefisien Tekanan Eksternal Untuk Atap Lengkung

Tabel 3.8 Koefisien Tekan Eksternal

Kondisi	Rasio tinggi terhadap bentang, r	C_p		
		Di seberempat sisi angin datang	Pusat setengah	Di seberempat 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

$$r = \frac{\text{Tinggi Atap}}{\text{Bentang Atap}} = \frac{16,00}{85,00} = 0,188$$

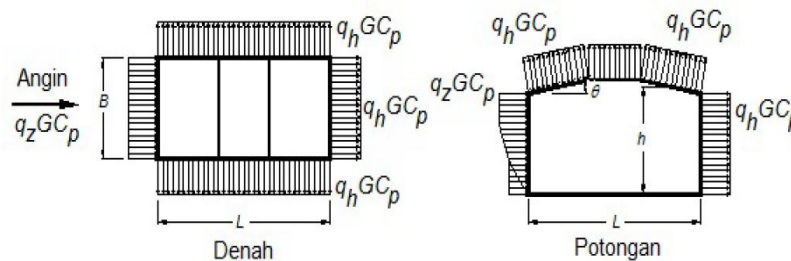
Apabila rasio tinggi-terhadap-bentang adalah $0,2 \leq r \leq 0,3$, Koefisien alternatif sebesar $(6r - 2,1)$ harus di gunakan untuk di seberempat sisi angin datang. Maka untuk menentukan koefisien tekanan eksternal pada seberempat angin datang adalah $6r - 2,1$

- Tekanan Angin (p)

Di ketahui :

- Kategori Risiko Bangunan = Kategori III
- Kecepatan Angin Dasar (V) = 31,0 Knot = 15,934 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
- Kalasifikasi Ketertutupan = Tertutup

- Koefisien tekanan internal (GC_{pi}) = $\pm 0,18$
- Tekanan Velositas (q)
 - (q_z) Angin datang = $94,91 \text{ N/m}^2$
 - (qh) Angin pergi = $113,33 \text{ N/m}^2$
- Koefisien tekanan Eksternal (C_p) untuk dinding
 - (C_p) Dinding di sisi angin datang = $0,80$
 - (C_p) Dinding di sisi angin pergi = $-0,30$
 - (C_p) Dinding tepi = $-0,70$
- Koefisien tekanan Eksternal (C_p) untuk atap lengkung
 - (C_p) untuk 1/4 angin datang = $-0,90$
 - (C_p) Pusat setengah = $-0,7 - r = -0,7 - 0,19 = \pm 0,10$
 - (C_p) untuk 1/4 angin pergi = $-0,50$



Gambar 3.3 Koefisien Tekanan Eksternal

Tekanan Angin datang pada dinding :

$$\begin{aligned}
 P &= q_z \cdot G \cdot C_p - q_h \cdot (GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2.4-4) \\
 &= 94,908 \times 0,85 \times 0,80 - 113,329 \times 0,18 \\
 &= 44,138 \text{ N/m}^2 \\
 &= 4,414 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan Angin di seperempat angin datang :

$$\begin{aligned}
 P &= q_h \cdot G \cdot C_p - q_h \cdot (GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2.4-4) \\
 &= 113,329 \times 0,85 \times 0,90 - 113,329 \times 0,18 \\
 &= 66,297 \text{ N/m}^2 \\
 &= 6,630 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan Angin pusat setengah bentang :

$$\begin{aligned} P &= qh. G. C_p - qh.(GC_{pi}) \text{ (2.2.4-4)} \\ &= 113,329 \times 0,85 \times 0,10 - 113,329 \times 0,18 \\ &= -10,766 \text{ N/m}^2 \\ &= -1,077 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Tekanan Angin di seperempat angin pergi :

$$\begin{aligned} P &= qh. G. C_p - qh.(GC_{pi}) \text{ (2.2.4-4)} \\ &= 113,329 \times 0,85 \times 0,50 - 113,329 \times 0,18 \\ &= 27,766 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,777 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Tekanan Angin pergi pada dinding :

$$\begin{aligned} P &= qz. G. C_p - qh.(GC_{pi}) \text{ (2.2.4-4)} \\ &= 113,329 \times 0,85 \times 0,30 - 113,329 \times 0,18 \\ &= 8,500 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,850 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

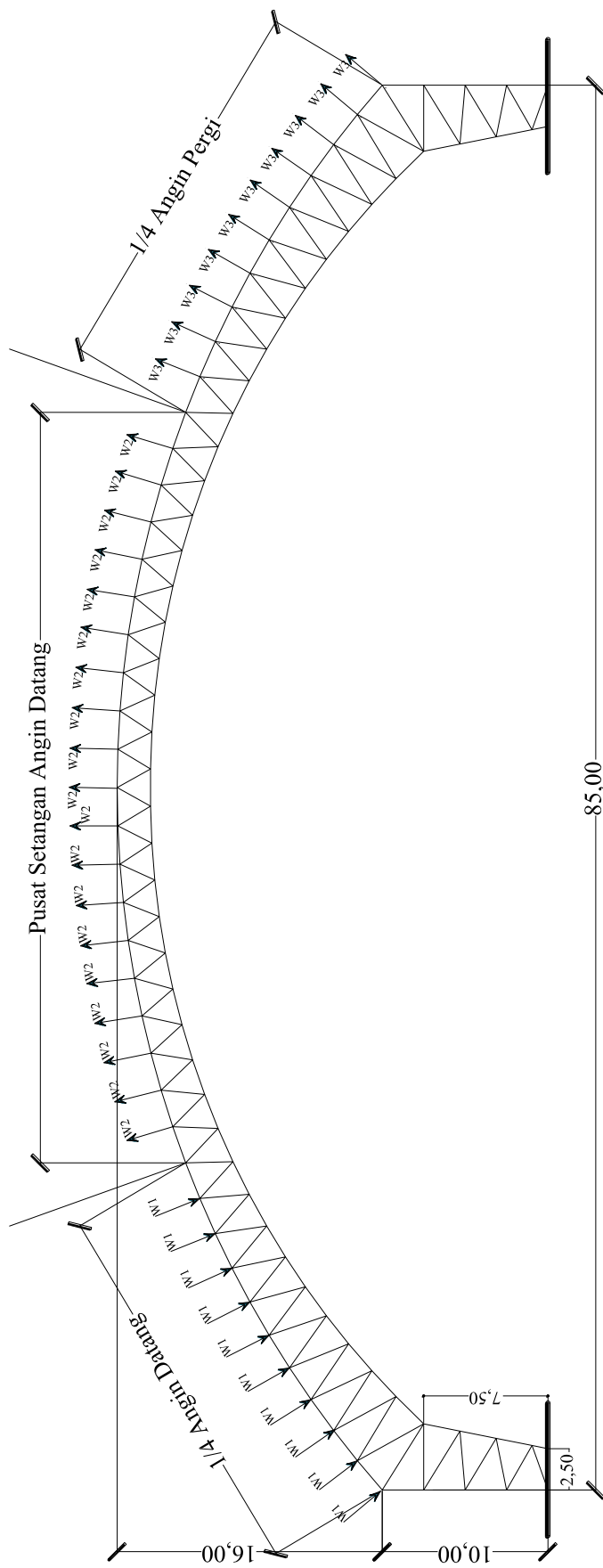
Tekanan Angin pergi pada dinding tepi :

$$\begin{aligned} P &= qz. G. C_p - qh.(GC_{pi}) \text{ (2.2.4-4)} \\ &= 113,329 \times 0,85 \times 0,70 - 113,329 \times 0,18 \\ &= 47,032 \text{ N/m}^2 \\ &= 4,703 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 3.9 Beban Angin untuk Perencanaan Gording

No	Bidang Angin	Jarak Gording type 1 (m)	Tekanan Angin Merata (Kg/m^2)	Beban Merata (Kg/m)
1	Angin datang pada dinding	2,500 m	4,414	11,035
2	Angin di 1/4 angin datang	2,320 m	6,630	15,381
3	Pusat setengah angin datang	2,320 m	1,077	2,498
4	Angin di 1/4 angin pergi	2,320 m	2,777	6,442
5	Angin pergi pada dinding	2,500 m	0,850	2,125
6	Angin pergi pada dinding tepi	-	4,703	-

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 3.4 Perletakan Beban Angin



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 :

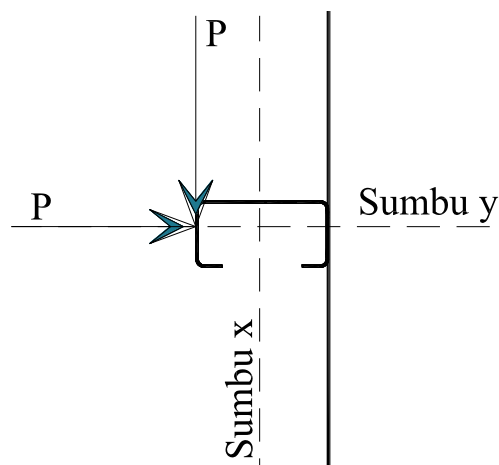
1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1.2D + 1.6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (Lr \text{ atau } 0.5W)$
4. $1.2D + 1.0W + L + 0.5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
6. $0.9D + 1.0W$
7. $0.9D + 1.0E$

Tabel 3.10 *Beban yang terjadi pada gording*

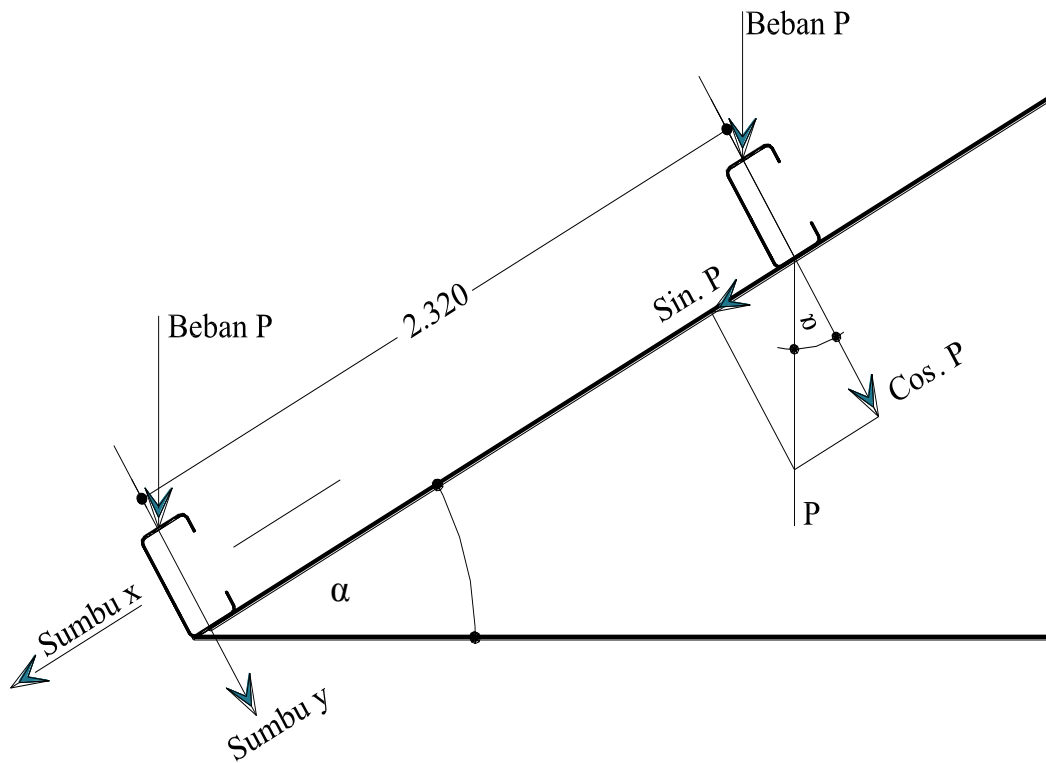
No	Uraian	Panjang	Gording Untuk Atap	Gording Untuk Dinding
1	Beban mati (DL_x)	3,000	18,733 Kg/m	19,718 Kg/m
2	Beban hidup (LL_x)	3,000	86,287 Kg	86,287 Kg
3	Beban Air hujan (R_x)	3,000	45,472 Kg/m	45,472 Kg/m
4	Beban Angin Atap	3,000	15,381 Kg/m	11,035 Kg/m

Sumber : Hasil Perhitungan

Penguraian Gaya pada Atap



Gambar 3.5 *Perletakan Gording pada Dinding*



Gambar 3.6 Penguraian Beban pada Atap

Contoh perhitungan pada beban mati pada gording atap

$$\begin{aligned}
 P_x &= \text{Sin } \alpha \times P \\
 &= \text{Sin } 38,165 \quad \times \quad 18,733 \text{ Kg} \\
 &= 11,576 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_y &= \text{Cos } \alpha \times P \\
 &= \text{Cos } 38,165 \quad \times \quad 18,733 \text{ Kg} \\
 &= 14,729 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

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

Tabel 3.11 Penguraian Gaya pada Gording Atap

No	Sudut (α)	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 (Kg/m)
1	40,228 °	6,625	55,727	14,684	7,832	65,878	17,358	7,691
2	38,165 °	11,576	53,319	28,098	14,729	67,842	35,752	15,381
3	36,102 °	11,038	50,842	26,793	15,136	69,717	36,740	15,381
4	34,039 °	10,486	48,300	25,453	15,524	71,502	37,681	15,381
5	31,976 °	9,921	45,695	24,080	15,891	73,195	38,573	15,381
6	29,913 °	9,342	43,030	22,676	16,238	74,792	39,414	15,381
7	27,850 °	8,751	40,310	21,243	16,564	76,293	40,205	15,381
8	25,787 °	8,150	37,537	19,782	16,868	77,694	40,944	15,381
9	23,724 °	7,537	34,716	18,295	17,150	78,995	41,629	15,381
10	21,661 °	6,915	31,850	16,784	17,411	80,194	42,261	15,381
11	19,598 °	6,284	28,942	15,252	17,648	81,288	42,838	15,381
12	17,535 °	5,644	25,997	13,700	17,863	82,278	43,359	15,381
13	15,472 °	4,997	23,019	12,130	18,055	83,160	43,824	15,381
14	13,409 °	4,344	20,010	10,545	18,223	83,935	44,232	15,381
15	11,346 °	3,685	16,976	8,946	18,367	84,601	44,583	15,381
16	9,283 °	3,022	13,919	7,335	18,488	85,157	44,876	15,381
17	7,220 °	2,354	10,845	5,715	18,585	85,603	45,111	15,381
18	5,157 °	1,684	7,756	4,087	18,658	85,938	45,288	15,381
19	3,094 °	1,011	4,657	2,454	18,706	86,161	45,406	15,381
20	1,031 °	0,337	1,553	0,818	18,730	86,273	45,465	15,381
21	0,000 °	0,000	0,000	0,000	18,733	86,287	45,472	15,381

Sumber : Hasil Perhitungan

Penguraian Gaya pada Dinding

Gaya yang bekerja pada dinding berupa, beban mati, beban hidup, dan beban angin. Untuk beban air hujan di angap tidak ada karena dinding di pasang vertikal (90^0).

Tabel 3.12 Penguraian Gaya pada Gording Atap

No	Sudut (α)	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 (Kg/m)
1	90 °	10,75	86,287	-	0,000	0,000	0,000	11,035
2	90 °	19,718	86,287	-	0,000	0,000	0,000	11,035
3	90 °	19,718	86,287	-	0,000	0,000	0,000	11,035
4	90 °	19,718	86,287	-	0,000	0,000	0,000	11,035
5	90 °	10,75	86,287	-	0,000	0,000	0,000	11,035

Sumber : Hasil Perhitungan

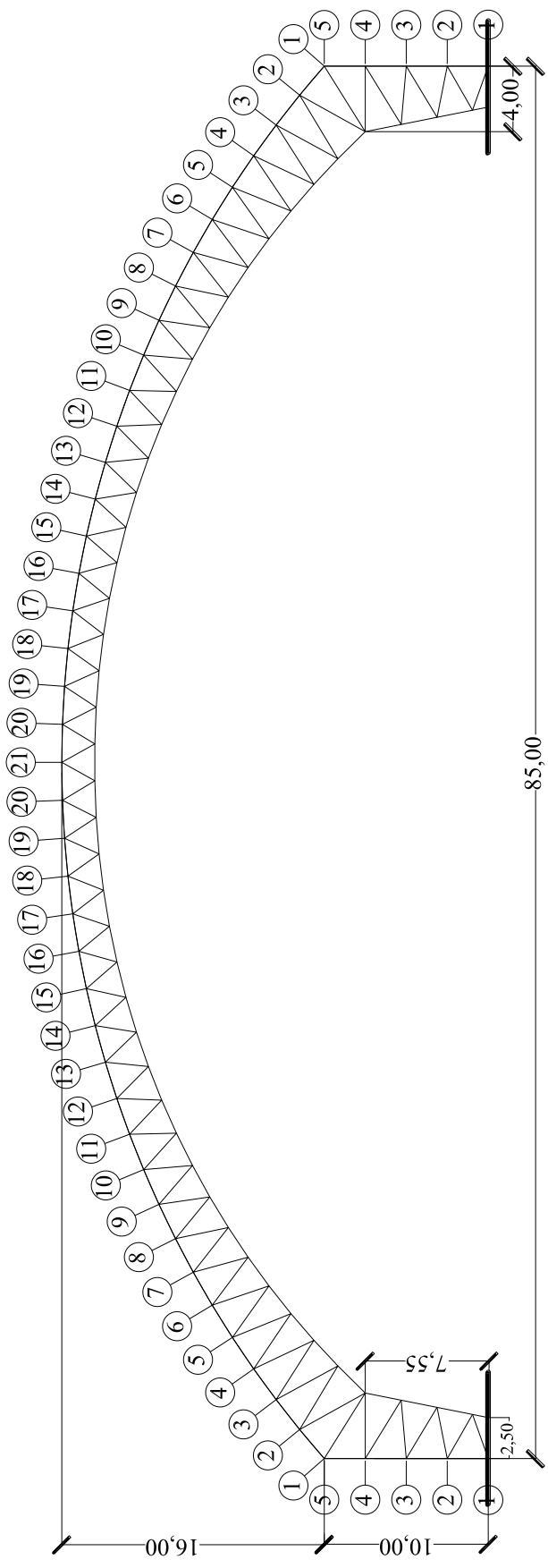
3.2.6 Analisa Gording

Gording dianggap sebagai gelagar menerus dengan panjang 48.00 m, yang terbagi atas 16 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).

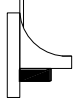
Gelagar menerus dapat di hitung dengan menggunakan Clapey-ron (Dalil momen tiga), Cross atau slope deflection untuk menganalisa momennya dan untuk menghitung lendutan dapat dihitung dengan menggunakan metode double integral, momen area, atau conjugate beam. Namun dalam pembahasan sekripsi ini untuk mendapatkan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

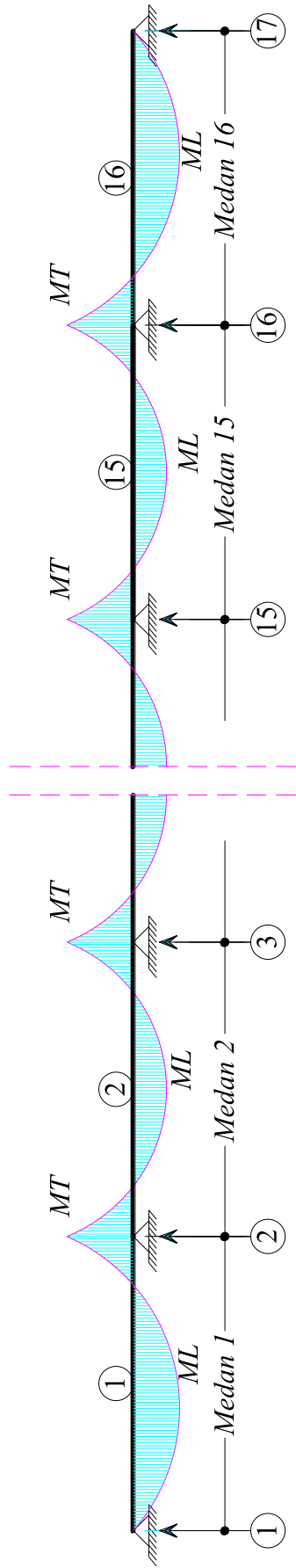
Lendutan yang di ijinan (SNI-03-1729-2002 Pasal 6.4.3)

$$\begin{aligned} \Delta I_{jin} &= \frac{l}{240} \times l \\ &= \frac{1}{240} \times 3000,00 \\ &= 12,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

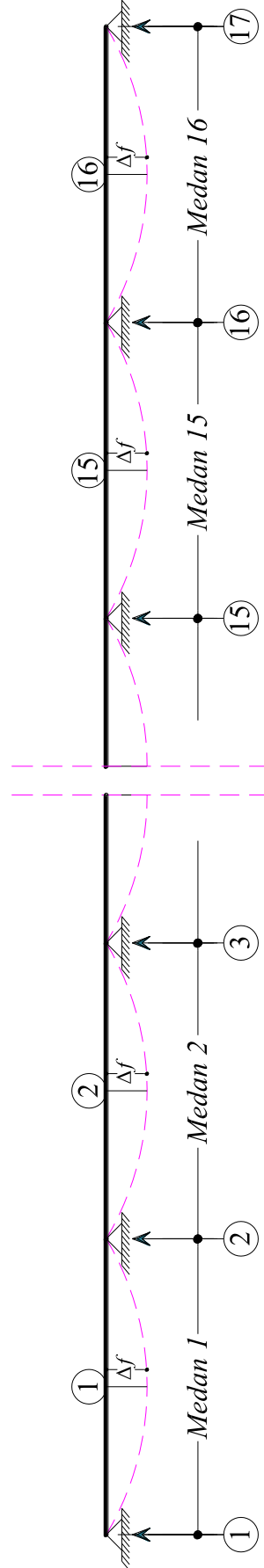


Gambar 3.7 Penomoran Gording





Gambar 3.8 Bidang Momen pada Gording



Gambar 3.9 Lendutan pada Gording

Tabel 3.13 Nilai Momen dan Lendutan Gording Atap

No	Sudut Gording (°)	Momen (Kg.m)		Lendutan		Lendutan (mm)	$\Delta_{ijin} = 12.50$ mm
		Arah X	Arah Y	Δx (mm)	Δy (mm)	$\Delta n = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	
1	40,228 °	29,883	38,911	3,091	0,928	3,227	Aman
2	38,165 °	55,926	78,329	5,785	1,869	6,079	Aman
3	36,102 °	53,328	80,292	5,516	1,916	5,839	Aman
4	34,039 °	50,661	82,162	5,240	1,961	5,595	Aman
5	31,976 °	47,929	83,934	4,958	2,003	5,347	Aman
6	29,913 °	45,134	85,605	4,669	2,043	5,096	Aman
7	27,850 °	42,281	87,177	4,373	2,080	4,842	Aman
8	25,787 °	39,374	88,645	4,073	2,115	4,589	Aman
9	23,724 °	36,414	90,006	3,767	2,148	4,336	Aman
10	21,661 °	33,407	91,262	3,456	2,178	4,085	Aman
11	19,598 °	30,358	92,408	3,140	2,205	3,837	Aman
12	17,535 °	27,268	93,557	2,821	2,232	3,597	Aman
13	15,472 °	24,143	94,368	2,497	2,252	3,363	Aman
14	13,409 °	20,988	95,178	2,171	2,271	3,142	Aman
15	11,346 °	17,805	95,875	1,842	2,288	2,937	Aman
16	9,283 °	14,600	96,457	1,510	2,302	2,753	Aman
17	7,220 °	11,374	96,924	1,177	2,313	2,595	Aman
18	5,157 °	8,135	97,276	0,842	2,321	2,469	Aman
19	3,094 °	4,885	97,510	0,505	2,327	2,381	Aman
20	1,031 °	1,628	97,627	0,168	2,330	2,336	Aman
21	0,000 °	0,000	97,639	0,000	2,330	2,330	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3.14 Nilai Momen dan Lendutan Gording Dinding

No	Sudut Gording (°)	Momen (Kg.m)		Lendutan		Lendutan (mm)	Δijin = 12.50 mm
		Arah X	Arah Y	Δx (mm)	Δy (mm)	Δn = √(Δx ² + Δy ²)	
1	90,000 °	77,800	18,706	9,015	0,446	9,026	Aman
2	90,000 °	84,028	18,706	10,069	0,446	10,079	Aman
3	90,000 °	84,028	18,706	10,069	0,446	10,079	Aman
4	90,000 °	84,028	18,706	10,069	0,446	10,079	Aman
5	90,000 °	77,800	18,706	9,015	0,446	9,026	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimensi Gording C_{100x50x20x3,2}

$$H = 100,00 \text{ mm}$$

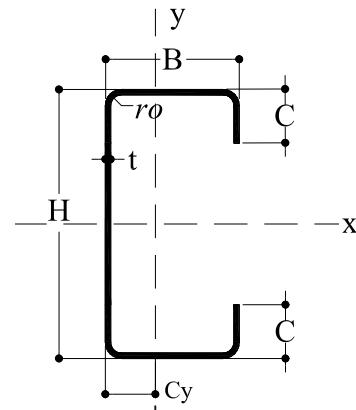
$$B = 50,00 \text{ mm}$$

$$C = 20,00 \text{ mm}$$

$$t = 3,20 \text{ mm}$$

$$ro = 3,00 \text{ mm}$$

$$Cy = 1,86 \text{ mm}$$



Klasifikasi penampang untuk Kontrol plat sayap :

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{b}{t} \\ &= \frac{b - 2x(ro+t)}{t} \\ &= \frac{50,00 - 2x(3,00 + 3,20)}{3,20} \\ &= 11,750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 0,380 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{-----(SNI 1729-2015 Tabel B4.1b)} \\ &= 0,380 \times \sqrt{\frac{210000,00}{176,40}} \\ &= 13,111 \end{aligned}$$

Kontrol Klasifikasi Penampang :

$$\lambda_f < \lambda_p \text{ ----- Kompak}$$

$$11,750 < 13,111 \text{ ----- Kompak}$$

Klasifikasi penampang untuk Kontrol plat Badan :

$$\lambda_f = \frac{h - (2 \times (t + R))}{t}$$

$$= \frac{100,00 - 2 \times (3,20 + 3,00)}{3,20}$$

$$= 29,250 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3,760 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ----- (SNI 1729-2015 Tabel B4.1b)}$$

$$= 3,760 \times \sqrt{\frac{210000,00}{176,40}}$$

$$= 129,732$$

Kontrol Klasifikasi Penampang :

$$\lambda_f < \lambda_p \text{ ----- Kompak}$$

$$29,250 < 129,732 \text{ ----- Kompak}$$

Penampang Dinyatakan kompak pada plat sayap.

Kontrol lentur arah x

$$M_u \leq \Phi \cdot M_n$$

$$84,028 \text{ Kg.m} \leq 0,9 \times Z_y \times F_y$$

$$84,028 \text{ Kg.m} \leq 0,9 \times 7,500 \times 1764,00$$

$$84,028 \text{ Kg.m} \leq 11907,000 \text{ Kg.Cm}$$

$$84,028 \text{ Kg.m} \leq 119,070 \text{ Kg.Cm} \text{ ----- Ok}$$

Kontrol lentur arah y

$$M_u \leq \Phi \cdot M_n$$

$$97,627 \text{ Kg.m} \leq 0,9 \times Z_x \times F_y$$

$$97,627 \text{ Kg.m} \leq 0,9 \times 21,300 \times 1764,00$$

$$97,627 \text{ Kg.m} \leq 33815,880 \text{ Kg.Cm}$$

$$97,627 \text{ Kg.m} \leq 338,159 \text{ Kg.Cm} \text{-----} \text{ Ok}$$

$$\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} < 1,00$$

$$\frac{84,028}{119,070} + \frac{97,627}{338,159} < 1,00$$

$$0,994 < 1,00 \text{-----} \text{ Ok}$$

3.2.7 Pembebanan Pada Joint

Diketahui :

- Jarak Antar Gording Atap = 2,320 m
- Jarak Antar Gording Dinding = 2,500 m
- Panjang gording = 3,000 m
- Berat Atap Klip-LokTM 700 = 4,970 Kg/m²
- Dimensi Gording = C_{100 x 50 x 20 x 3,2}

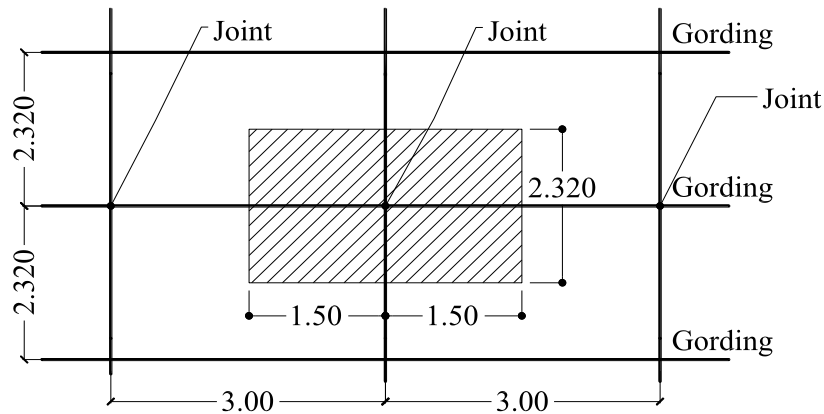
$$\text{Berat Gording} = 5,500 \text{ Kg/m}$$

1. Beban Mati

Berat Penutup Atap

Beban terpusat untuk penutup atap

$$\begin{aligned} D_{Atap} &= L_r \times A_T \\ &= 4,970 \times 6,960 \\ &= 34,591 \text{ Kg/Joint} \end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned}
 DL &= \text{Berat Penutup Atap} + \text{Berat Gording} \\
 &= 34,591 + 16,500 \\
 &= 51,091 \text{ Kg/Joint}
 \end{aligned}$$

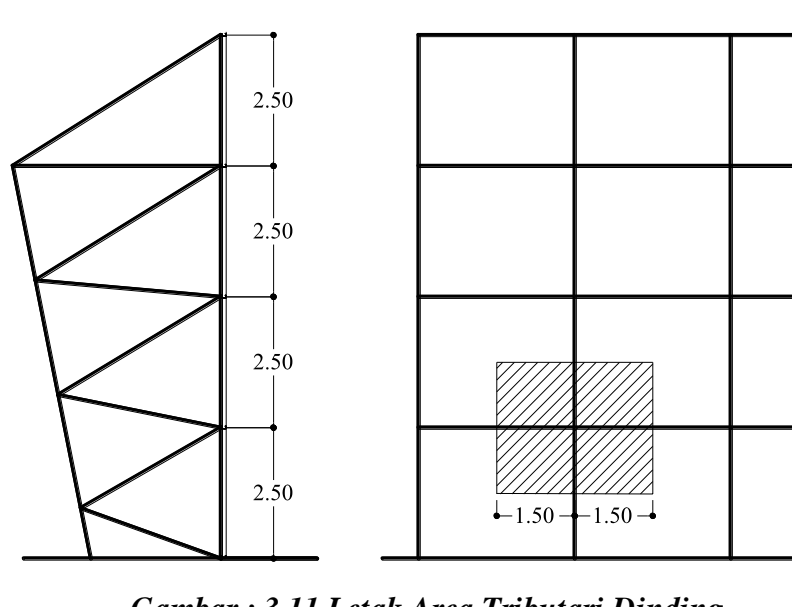
$$\begin{aligned}
 \text{Beban Sambungan (10\%)} &= 10 \% \times \text{Jumlah Beban Mati} \\
 &= 10 \% \times 51,091 \\
 &= 5,109 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DL_{Total} &= 51,091 + 5,109 \\
 &= 56,200 \text{ Kg/Joint}
 \end{aligned}$$

Berat Penutup Dinding

Beban terpusat untuk penutup Dinding :

$$\begin{aligned}
 D_{Atap} &= L_r \times A_T \\
 &= 4,970 \times 7,500 \\
 &= 37,275 \text{ Kg/Joint}
 \end{aligned}$$



Gambar : 3.11 Letak Area Tributari Dinding

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

$$\begin{aligned}
 DL &= \text{Berat Penutup Atap} + \text{Berat Gording} \\
 &= 37,275 + 16,500 \\
 &= 53,775 \text{ Kg/Joint}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Sambungan (10\%)} &= 10 \% \times \text{Jumlah Beban Mati} \\
 &= 10 \% \times 53,775 \\
 &= 5,378 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DL_{Total} &= 53,775 + 5,378 \\
 &= 59,153 \text{ Kg/Joint}
 \end{aligned}$$

2. Beban Hidup

Karena fungsi struktur atap pada hanggar pesawat 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 :

$$LL = 86,287 \text{ Kg/m}^2$$

3. Beban Air Hujan

Beban Terpusat pada atap

$$\begin{aligned} R &= R \times A_T \\ &= 19,60 \times 6,960 \\ &= 136,416 \text{ Kg} \end{aligned}$$

4. Beban Angin

Tabel 3.15 Beban Angin Pada Joint

No	Bidang Angin	Luas Tributari (m^2)	Beban Angin Merata (Kg/m^2)	Beban Angin Terpusat (Kg)
1	Angin datang pada dinding	7,500	4,414	33,104
2	Angin di 1/4 angin datang	6,960	6,630	46,143
3	Pusat setengah angin datang	6,960	1,077	7,493
4	Angin di 1/4 angin pergi	6,960	2,777	19,325
5	Angin pergi pada dinding	7,500	0,850	6,375
6	Angin pergi pada dinding tepi	-	4,703	-

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 120

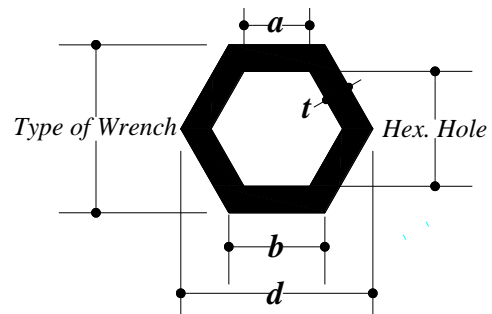
$$\begin{aligned} \text{Volume Ball Joint} &= \frac{4}{3} \times 3,14 \times r^3 \\ &= \frac{4}{3} \times 3,14 \times 0,060^3 \\ &= 0,00090 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Ball Joint} &= \text{Volume Ball Joint} \times \text{Berat Volume Baja} \\ &= 0,00090 \times 7850,00 \\ &= 7,09891 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- **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 :

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{0,5 \times \text{Hex Hole}}{\text{Cos } 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-1) \\ &= \left(\frac{0,5 \times 0,0320}{\text{Cos } (30^\circ)} \right) \\ &= 0,0185 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left(\frac{0,5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-2) \\
 &= \left(\frac{0,5 \times 0,0410}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 0,0237 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0,5 \times (\text{Type Of Wrench - Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.5.3-3) \\
 &= 0,5 \times 0,041 - 0,032 \\
 &= 0,0045 \text{ m}
 \end{aligned}$$

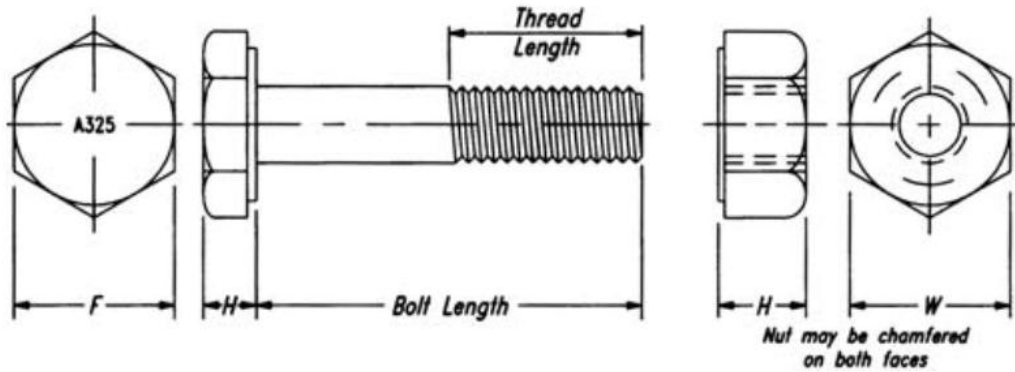
$$\begin{aligned}
 A &= 6,00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.5.3-4) \\
 &= 6,00 \times \frac{0,018 + 0,024}{2} \times 0,0045 \\
 &= 0,000569 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Volume Kexagon = *Luas Penampang x Panjang*
 = 0,00057 x 0,0750
 = 0,00004 m³

- Berat Hexsagon 1 = *n x Volume Hexagon x Berat Volume Baja*
 = 8 x 0,0000427 x 7850,00
 = 2,67989 Kg

- Berat Hexsagon 2 = *n x Volume Hexagon x Berat Volume Baja*
 = 10 x 0,000043 x 7850,00
 = 4,01983 Kg

• **Berat Baut**



Gambar 3.12 Ukuran Baut Berdasarkan ASTM 325 & ASTM 490

Diasumsikan menggunakan baut dengan tipe M30

Diketahui :

- $f = 5,558 \text{ Cm}$
- $H = 2,143 \text{ Cm}$
- $BL = 14,715 \text{ Cm}$
- $\varnothing = 3,493 \text{ Cm}$

Menghitung Berat Kepala Baut

$$\begin{aligned}
 \text{▪ Panjang Sisi (S)} &= \frac{0,50 \times f}{\cos \alpha} \\
 &= \frac{0,50 \times 5,558}{\cos 30} \\
 &= 3,2089 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{▪ Volume Kepala Baut} &= \frac{3\sqrt{3}}{2,00} \times S^2 \times H \\
 &= \frac{3\sqrt{3}}{2,00} \times 0,03209^2 \times 0,0214 \\
 &= 0,0000573 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{▪ Volume Batang baut} &= 0,25 \times 3,14 \times d^2 \times L \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 0,0349^2 \times 0,147 \\
 &= 0,0001409 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Buah Baut

$$= \textit{Volume Kepala Baut} + \textit{Volume Batang Baut}$$

$$= 0,0000573 + 0,0001409$$

$$= 0,0001983 \text{ m}^3$$

- Berat baut 1

$$= n \times \textit{Volume Baut} \times \textit{Berat Volume Baja}$$

$$= 8 \times 0,00020 \times 7850,00$$

$$= 12,45128 \text{ Kg}$$

- Berat baut 2

$$= n \times \textit{Volume Baut} \times \textit{Berat Volume Baja}$$

$$= 10 \times 0,00020 \times 7850,00$$

$$= 18,67691 \text{ Kg}$$

- Beban Mati Pada Joint 1

$$= \textit{Berat Ball Joint} + \textit{Berat Hexagon} + \textit{Berat Baut}$$

$$= 7,0989 + 2,6799 + 12,45128$$

$$= 22,230 \text{ Kg}$$

- Beban Mati Pada Joint 2

$$= \textit{Berat Ball Joint} + \textit{Berat Hexagon} + \textit{Berat Baut}$$

$$= 7,0989 + 4,0198 + 18,67691$$

$$= 29,796 \text{ Kg}$$

Tabel 3.16 Pembebanan Pada Struktur

No	Uraian	Beban Terpusat (Kg)
1	Beban Mati Pada Atap	56,200
2	Beban Mati Pada Dinding	59,153
3	Beban Hidup	86,287
4	Beban Air Hujan	136,416
5	Beban Angin pada 1/4 angin datang	46,143
6	Pusat setengah angin datang	7,493
7	Beban Angin pada 1/4 angin Pergi	19,325
8	Angin datang pada dinding	33,104
9	Angin pergi pada dinding	6,375
10	Beban Mekanikal dan Elektrikal	15,000
11	Beban Sambungan Mero Sistem 1	22,230
12	Beban Sambungan Mero Sistem 2	29,796

Sumber : Hasil Perhitungan

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 hanggar pesawat 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 (ν) = 0,30
- Density = 0,00007850 N/mm³
- Thermal Coeff (α) = $12,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{K}$ → Untuk Thermal antara 20°C-100°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.15 (48,30 mm) :

- Diameter (\emptyset) Luar = 48,30 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 40,94 mm
- Luas penampang (A_g) = 515,5930 mm² = 5,1559 Cm²
- Tebal pipa (t) = 3,68 mm
- Berat per unit panjang = 4,047 kg/m

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

- Diameter (\varnothing) Luar = 73,000 mm
- Diameter (\varnothing) Dalam = 62,680 mm
- Luas penampang (A_g) = 1099,1708 mm² = 10,9917 Cm²
- Tebal pipa (t) = 5,160 mm
- Berat per unit panjang = 8,628 kg/m

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

- Diameter (\varnothing) Luar = 88,900 mm
- Diameter (\varnothing) Dalam = 77,920 mm
- Luas penampang (A_g) = 1437,8716 mm² = 14,3787 Cm²
- 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 sebagai berikut :

Tabel 3.17 Gaya Normal pada Batang (F_x)

No.	Property	Panjang Batang (m)	No. Batang	Load Case (L/C)	Gaya Normal (F_x)	Keadaan
1	Max F_x - PIP.S.15	3,000	378	1,2DL+1,6Lr+0,5W	412,361 Kg	Tekan
	Min F_x - PIP.S.15	3,000	5800	1,2DL+1,6Lr+0,5W	183,848 Kg	Tarik
2	Max F_x - PIP.S.30	2,229	6099	1,2DL+1,6Lr+0,5W	7440,000 Kg	Tekan
	Min F_x - PIP.S.30	3,445	6101	1,2DL+1,6Lr+0,5W	6830,000 Kg	Tarik
3	Max F_x - PIP.S.40	2,349	143	1,2DL+1,6Lr+0,5W	18200,000 Kg	Tekan
	Min F_x - PIP.S.40	0,981	405	1,2DL+1,6Lr+0,5W	7440,000 Kg	Tarik

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

Tabel 3.18 Gaya Lintang/Reaksi Tumpuan pada Batang (Fy)

No.	Property	Panjang Batang (m)	No. Batang	Load Case (L/C)	Gaya Lintang (Fy)	Keadaan
1	Max Fx- PIP.S.15	3,000	3273	1,4DL	8,134 Kg	Positif
	Min Fx- PIP.S.15	3,000	3273	1,4DL	8,134 Kg	Negatif
2	Max Fx- PIP.S.30	4,272	3639	1,4DL	24,555 Kg	Positif
	Min Fx- PIP.S.30	4,272	3639	1,4DL	24,555 Kg	Negatif
3	Max Fx- PIP.S.40	2,320	32	1,4DL	60,066 Kg	Positif
	Min Fx- PIP.S.40	2,320	32	1,4DL	60,066 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 menaha 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)
ST PIPS15	4511970.50	171382.827
ST PIPS30	3858029.00	406411.237
ST PIPS25	10408723.00	838168.507

	TOTAL =	1415962.571

Sumber : Hasil Analisa StaadPro V8i

3.4 Desain Komponen Struktur

3.4.1 Desain Komponen Struktur Tarik pada Property PIP.S.15

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

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn \text{(2.4.2-1)}$$

Luas Neto Efektif

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

Diketahui :

- Diameter Luar (*OD*) = 48,30 mm
- Diameter Dalam (*ID*) = 40,94 mm

$$\begin{aligned} Ag &= 0,25 \times 3,14 \times \varnothing OD^2 - 0,25 \times 3,14 \times \varnothing OD^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 48,300^2 - 0,25 \times 3,14 \times 40,940^2 \\ &= 515,5930 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} Pn &= Fy \cdot Ag \text{(2.4.2-2)} \\ &= 240,00 \times 515,593 \\ &= 123742,33 \text{ N} \\ &= 12374,233 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn$$

$$Pu \leq 0,9 \times Pn$$

$$183,848 \text{ Kg} \leq 0,9 \times 12374,233 \text{ Kg}$$

$$183,848 \text{ Kg} \leq 11136,809 \text{ Kg} \text{Ok}$$

Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_u \cdot A_e \text{(2.4.2-3)} \\
 &= 415,00 \times 515,593 \\
 &= 213971,10 \text{ N} \\
 &= 21397,110 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang neto.

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0,9 \times P_n \\
 183,848 \text{ Kg} &\leq 0,9 \times 21397,110 \text{ Kg} \\
 183,848 \text{ Kg} &\leq 19257,399 \text{ Kg} \text{Ok}
 \end{aligned}$$

3.4.2 Desain komponen Struktur Tekan pada Property PIP.S.15

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

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

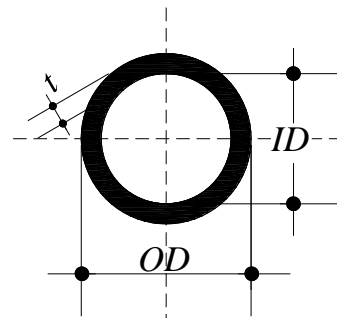
Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

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 λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen langsing.

$$D/t \geq 0,11 \times \frac{E}{F_y} \text{Langsing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar (OD) = 48,300 mm
- Diameter Dalam (ID) = 40,940 mm
- Tebal (*Thickness*) = 3,680 mm
- Luas Penampang (A_g) = 515,5930 mm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (F_y) = 240 MPa



Klasifikasi penampang :

$$D/t \geq 0,11 \times \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{48,30}{3,68} \geq 0,11 \times \frac{210000,00}{240,00}$$

$$13,125 \leq 96,250 \text{ ----- Non Langsing}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 3,000 m
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \times (OD^4 - ID^4) \\ &= \frac{3,14}{64} \times (48,300^4 - 40,9400^4) \\ &= 129187,43 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi/Jari-Jari Girasi :

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{129187,426}{515,593}} \\ &= 15,8291 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\frac{3000,000}{15,829} < 200$$

$$189,524 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

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

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

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

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots\dots\dots F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} \geq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots\dots\dots F_{cr} = 0,877 \cdot F_e$$

Maka :

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{3000}{15,829} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{210000,00}{240}}$$

$$189,52 \geq 139,324 \dots\dots\dots \text{Maka Digunakan} \dots\dots\dots F_{cr} = 0,877 \cdot F_e$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3,14^2 \times 210000,00}{189,524^2}$$

$$= 57,643 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_{cr} = 0,877 \times F_e \dots\dots\dots (2.4.3-6)$$

$$= 0,877 \times 57,643$$

$$= 50,553 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \cdot A_g \text{(2.4.3-5)} \\ &= 50,553 \times 515,593 \\ &= 26064,891 \text{ N} \\ &= 2606,489 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tekan

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ P_u &\leq 0,9 \times P_n \\ 412,361 \text{ Kg} &\leq 0,9 \times 2606,489 \text{ Kg} \\ 412,361 \text{ Kg} &\leq 2345,8402 \text{ Kg} \text{Ok} \end{aligned}$$

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.

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

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$6830,000 \text{ Kg} \leq 0,9 \times 26380,100 \text{ Kg}$$

$$6830,000 \text{ Kg} \leq 23742,090 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$P_n = F_u \cdot A_n \text{ -----} (2.4.2-3)$$

$$= 415,00 \times 1099,171$$

$$= 456155,889 \text{ N}$$

$$= 45615,589 \text{ Kg}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang neto.

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

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$6830,000 \text{ Kg} \leq 0,9 \times 45615,589 \text{ Kg}$$

$$6830,000 \text{ Kg} \leq 41054,030 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

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 :

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

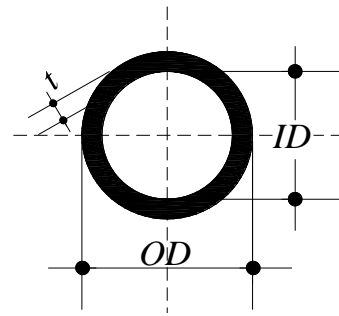
Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

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 λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen langsing.

$$D/t \geq 0,1 \times \frac{E}{F_y} \text{ -----} \text{ Langsing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar (OD) = 73,000 mm
- Diameter Dalam (ID) = 62,680 mm
- Tebal (Thickness) = 5,160 mm
- Luas Penampang (A_g) = 1099,1708 mm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (F_y) = 240 MPa



Klasifikasi Penampang :

$$D/t \geq 0,11 \times \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{73,00}{5,16} \geq 0,11 \times \frac{210000,00}{240,00}$$

$$14,147 \leq 96,250 \text{ ----- } Non \text{ Langsing}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 2,229 m
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \times (OD^4 - ID^4) \\ &= \frac{3,14}{64} \times (73,000^4 - 62,680^4) \\ &= 635992,76 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi :

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{635992,765}{1099,171}} \\ &= 24,0543 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\frac{2229,000}{24,054} < 200$$

$$92,665 < 200 \text{ ----- Ok}$$

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 :

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{2229}{24,054} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{210000,00}{240}}$$

$$92,665 \leq 139,324 \text{ ----- Maka Digunakan } F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3,14^2 \times 210000,00}{92,665^2}$$

$$= 241,127 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \dots\dots\dots(2.4.3-5) \\
 &= \left(0,658 \frac{240,000}{241,127} \right) \times 240,000 \\
 &= 158,229 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kuat Tekan Nominal

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots(2.4.3-5) \\
 &= 158,229 \times 1099,171 \\
 &= 173920,889 \text{ N} \\
 &= 17392,089 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tekan

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0.9 \times P_n \\
 7440,000 \text{ Kg} &\leq 0,9 \times 17392,089 \text{ Kg} \\
 7440,000 \text{ Kg} &\leq 15652,8801 \text{ Kg} \dots\dots\dots Ok
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
A_g &= 0,25 \times 3,14 \times \varnothing OD^2 - 0,25 \times 3,14 \times \varnothing OD^2 \\
&= 0,25 \times 3,14 \times 88,900^2 - 0,25 \times 3,14 \times 77,920^2 \\
&= 1437,8716 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
P_u &\leq 0,9 \times P_n \\
7440,000 \text{ Kg} &\leq 0,9 \times 34508,919 \text{ Kg} \\
7440,000 \text{ Kg} &\leq 31058,027 \text{ Kg} \text{} \text{Ok}
\end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\
P_u &\leq 0,9 \times P_n \\
7440,000 \text{ Kg} &\leq 0,9 \times 59671,672 \text{ Kg} \\
7440,000 \text{ Kg} &\leq 53704,505 \text{ Kg} \text{} \text{Ok}
\end{aligned}$$

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 :

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

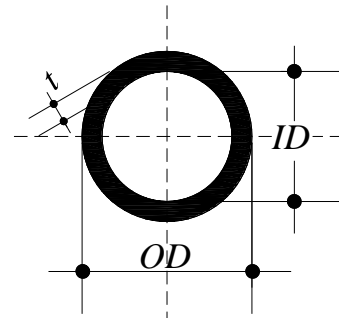
Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

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 λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen langsing.

$$D/t \geq 0,11 \times \frac{E}{F_y} \text{-----} \text{Langsing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar (OD) = 88,900 mm
- Diameter Dalam (ID) = 77,920 mm
- Tebal (*Thickness*) = 5,490 mm
- Luas Penampang (A_g) = 1437,8716 mm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (F_y) = 240 MPa



Klasifikasi Penampang :

$$D/t \geq 0,11 \times \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{88,90}{5,49} \geq 0,11 \times \frac{210000,00}{240,00}$$

$$16,193 \leq 96,250 \text{-----} \text{Non Langsing}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 2,349 m
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} x \left[R_1^4 - R_2^4 \right] \\
 &= \frac{3,14}{64} x \left[88,900^4 - 77,9200^4 \right] \\
 &= 1255867,31 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi/Jari-Jari Girasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{1255867,309}{1437,872}} \\
 &= 29,5537 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\frac{2349,000}{29,554} < 200$$

$$79,482 < 200 \text{ ----- Ok}$$

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 :

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 x \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ----- } F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) x F_y$$

$$\frac{KL}{r} \geq 4,71 x \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ----- } F_{cr} = 0,877 \cdot F_e$$

Maka :

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{2349}{29,554} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{210000,00}{240}}$$

$$79,482 \leq 139,324 \quad \text{Maka Digunakan} \quad F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3,14^2 \times 210000,00}{79,482^2}$$

$$= 327,745 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \quad \text{----- (2.4.3-5)}$$

$$= \left(0,658 \frac{240,000}{327,745} \right) \times 240,000$$

$$= 176,645 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal

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

$$= 176,645 \times 1437,872$$

$$= 253993,420 \text{ N}$$

$$= 25399,342 \text{ Kg}$$

Kontrol Kekuatan tekan

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

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$18200,000 \text{ Kg} \leq 0,9 \times 25399,342 \text{ Kg}$$

$$18200,000 \text{ Kg} \leq 22859,4078 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

3.4.7 Kontrol Dimensi Batang

Tabel 3.19 Kontrol Dimensi Batang

No.	Property	Panjang (m)	Kondisi Batang	Kekuatan Perlu (Kg)	Kekuatan Nominal (Kg)	Keterangan
1	Property PIP.S.15	3,000	Tekan	412,361	2345,840	Ok
		3,000	Tarik	183,848	19257,399	Ok
2	Property PIP.S.25	2,229	Tekan	7440,000	15652,880	Ok
		3,445	Tarik	6830,000	41054,030	Ok
3	Property PIP.S.30	2,349	Tekan	18200,000	22859,408	Ok
		0,981	Tarik	7440,000	53704,505	Ok

Sumber : Hasil Perhitungan

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 Kg/Cm² - 3500 Kg/Cm²
Digunakan : $F_y = 3500,00 \text{ Kg/Cm}^2$
- Gaya Tekan Maksimum yang terjadi pada baja pipa :
 - Property PIP.S.15 = 412,361 Kg
 - Property PIP.S.25 = 7440,000 Kg
 - Property PIP.S.30 = 18200,000 Kg

- **Perencanaan Hexagon pada Property PIP.S.15**

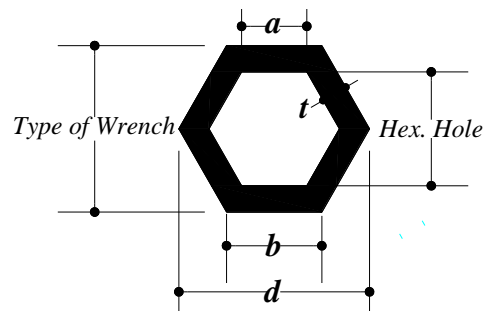
Direncanakan Menggunakan baut = M_{10 x 50}

Tipe Hexagon = H_{25 x 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

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{0,5 \times \text{Hex. Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-1) \\
 &= \left(\frac{0,5 \times 1,1000}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 0,635 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left(\frac{0,5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-2) \\
 &= \left(\frac{0,5 \times 1,7000}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 0,981 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0,5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \text{-----} (2.5.3-3) \\
 &= 0,5 \times 1,700 - 1,100 \\
 &= 0,300 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 6,00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \text{-----} (2.5.3-4) \\
 &= 6,00 \times \frac{0,635 + 0,981}{2} \times 0,3000 \\
 &= 1,455 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\tan 30^\circ \times 0,5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \text{-----} (2.5.3-5) \\
 &= 0,981 + [\tan 30^\circ \times 0,5 \times 1,7] \times 2 \\
 &= 1,9630 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H25 x 17 - 11

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

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

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

$$4583,006 \text{ Kg} > 412,361 \text{ Kg} \text{-----} \mathbf{Ok}$$

• Perencanaan Hexagon pada Property PIP.S.25

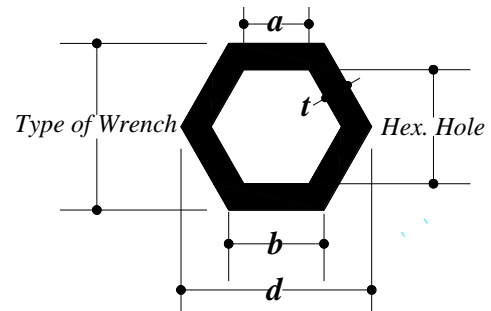
Direncanakan Menggunakan baut = M₁₆ X 80

Tipe Hexagon = H_{40 x 24 - 17}

(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 = 24,00 mm
- Hex Hole = 17,00 mm



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H40 x 24 - 17

$$a = \left(\frac{0,5 \times \text{Hex Hole}}{\text{Cos } 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-1)$$

$$= \left(\frac{0,5 \times 1,7000}{\text{Cos } (30^\circ)} \right)$$

$$= 0,981 \text{ Cm}$$

$$b = \left(\frac{0,5 \times \text{Wrench}}{\text{Cos } 30^\circ} \right) \text{-----} (2.5.3-2)$$

$$= \left(\frac{0,5 \times 2,4000}{\text{Cos } (30^\circ)} \right)$$

$$= 1,386 \text{ Cm}$$

$$t = 0,5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \text{-----} (2.5.3-3)$$

$$= 0,5 \times 2,400 - 1,700$$

$$= 0,350 \text{ Cm}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 6,00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots(2.5.3-4) \\
 &= 6,00 \times \frac{0,981 + 1,386}{2} \times 0,3500 \\
 &= 2,485 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\tan 30^\circ \times 0,5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \dots\dots\dots(2.5.3-5) \\
 &= 1,386 + [\tan 30^\circ \times 0,5 \times 2,4] \times 2 \\
 &= 2,7713 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H40 x 24 - 17

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times F_y \times A_g \dots\dots\dots(2.5.3-6) \\
 &= 0,90 \times 3500,00 \times 2,485 \\
 &= 7829,302663
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

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

$$7829,303 \text{ Kg} > 7440,000 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

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

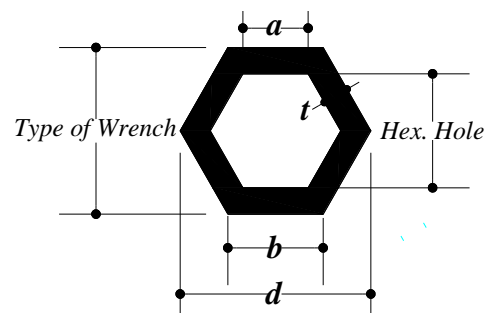
Direncanakan Menggunakan baut = M_{24 x 120}

Tipe Hexagon = H_{60 x 41 - 25}

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

Keterangan Design :

- Insert to Node = 36,00 mm
- Conus Insert = 24,00 mm
- Hexagon Length = 60,00 mm
- Type Of Wrench = 36,00 mm
- Hex Hole = 25,00 mm



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H60 x 41 - 25

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{0,5 \times \text{Hex Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-1) \\
 &= \left(\frac{0,5 \times 2,5000}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 1,443 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left(\frac{0,5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.5.3-2) \\
 &= \left(\frac{0,5 \times 3,6000}{\cos (30^\circ)} \right) \\
 &= 2,078 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0,5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.5.3-3) \\
 &= 0,5 \times 3,600 - 2,500 \\
 &= 0,550 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 6,00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.5.3-4) \\
 &= 6,00 \times \frac{1,443 + 2,078}{2} \times 0,5500 \\
 &= 5,811 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= b + (\tan 30^\circ \times 0,5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \dots\dots\dots (2.5.3-5) \\
 &= 2,078 + [\tan 30^\circ \times 0,5 \times 3,6] \times 2 \\
 &= 4,1569 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H60 x 41 - 25

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times F_y \times A_g \dots\dots\dots (2.5.3-6) \\
 &= 0,90 \times 3500,00 \times 5,811 \\
 &= 18304,74595
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

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

$$18304,746 \text{ Kg} > 18200,000 \text{ Kg} \text{-----} \text{ Ok}$$

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 konus dengan pipa disambung dengan las.

Direncanakan Conus Menggunakan :

- Kegunaan = Tutup Ujung Pipa
- Jenis Bahan = Baja Masif
- Standart Kualitas = JIS (STK 41)
- Tegangan Leleh = 2200 Kg/Cm^2 - 3500 Kg/Cm^2
Digunakan : $F_y = 280,000 \text{ MPa}$
- Diameter Conus = 1,90 " - 5,56 " 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)
Property PIP.S.15	19,630	H25 x 17 - 11	412,361 Kg	183,848 Kg
Property PIP.S.25	27,713	H40 x 24 - 17	7440,000 Kg	6830,000 Kg
Property PIP.S.30	41,569	H60 x 41 - 25	18200,000 Kg	7440,000 Kg

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan tebal minimum Conus untuk property PIP.S.15

- Diameter (\emptyset) Luar = 48,30 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 40,94 mm
- Wall Thickness (t) = 3,68 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned} tw_c &= \frac{\Phi \cdot P_{max}}{F_y} \text{-----} (2.5.2-2) \\ &= \frac{0,9 \times 4123,61}{280} \\ &= 13,25446 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned} A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\ &= 0,25 \times 3,14 \times \emptyset OD^2 - 0,25 \times 3,14 \times \emptyset OD^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 48,30^2 - 0,25 \times 3,14 \times 40,94^2 \\ &= 1831,32 - 1315,73 \\ &= 515,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned} A_{Desain} &\geq A_{Perlu} \\ 515,59 \text{ mm}^2 &\geq 13,254 \text{ mm}^2 \text{-----} \quad \mathbf{Ok} \end{aligned}$$

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.25

- Diameter (\emptyset) Luar = 73,00 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 62,68 mm
- Wall Thickness (t) = 5,16 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned}
 tw_c &= \frac{\Phi \cdot Pmax}{Fy} \text{-----} (2.5.2-2) \\
 &= \frac{0,9 \times 74400,00}{280} \\
 &= 239,143 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 - 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 73,00^2 - 0,25 \times 3,14 \times 62,68^2 \\
 &= 4183,27 - 3084,09 \\
 &= 1099,17 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &\geq A_{Perlu} \\
 1099,17 \text{ mm}^2 &\geq 239,1 \text{ mm}^2 \text{-----} \text{Ok}
 \end{aligned}$$

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.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.

$$\begin{aligned}
 tw_c &= \frac{\Phi \cdot Pmax}{Fy} \text{-----} (2.5.2-2) \\
 &= \frac{0,9 \times 182000,00}{280} \\
 &= 585,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned}
 A. \text{ Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 - 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 88,90 - 0,25 \times 3,14 \times 77,92^2 \\
 &= 6204,02 - 4766,15 \\
 &= 1437,87 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$A. \text{ Desain} \geq A. \text{ Perlu}$$

$$1437,87 \text{ mm}^2 \geq 585,0 \text{ mm}^2 \text{-----} \quad \text{Ok}$$

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	Property PIP.S.15	48,300	19,630	3,680	50,00
2	Property PIP.S.25	73,000	27,713	5,160	70,00
3	Property PIP.S.30	88,900	41,569	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 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	Property PIP.S.15	183,848	8,134
2	Property PIP.S.25	6830,000	24,555
3	Property PIP.S.30	7440,000	60,066

Sumber : Hasil Perhitungan

- **Perencanaan Baut pada Property PIP.S.15**

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

$$Ru \leq \Phi.Rn \dots\dots\dots (2.5.4-2)$$

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 :

$$\begin{aligned} Ag &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 10,000^2 \\ &= 78,5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fn \times Ab \dots\dots\dots (2.5.4-1) \\ &= 620,00 \times 78,50 \\ &= 48670,00 \text{ N} \\ &= 4867,00 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

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

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$183,848 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 4867,000 \text{ Kg}$$

$$183,848 \text{ Kg} \leq 3650,2500 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

Kuat Geser rencana baut :

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

$$= 457,00 \times 78,50$$

$$= 35874,50 \text{ N}$$

$$= 3587,45 \text{ Kg}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

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

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$8,134 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 3587,450 \text{ Kg}$$

$$8,134 \text{ Kg} \leq 2690,5875 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

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

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

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

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut (\emptyset) = 16,00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$A_g = 0,25 \times 3,14 \times D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 16,000^2$$

$$= 200,9600 \text{ mm}^2$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fn \times Ab \text{(2.5.4-1)} \\ &= 620,00 \times 200,96 \\ &= 124595,20 \text{ N} \\ &= 12459,52 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \Phi \cdot Rn \\ Ru &\leq 0,75 \times Rn \\ 6830,000 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 12459,520 \text{ Kg} \\ 6830,000 \text{ Kg} &\leq 9344,6400 \text{ Kg} \text{Ok} \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fnt \times Ab \text{(2.5.4-1)} \\ &= 457,00 \times 200,96 \\ &= 91838,72 \text{ N} \\ &= 9183,87 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \Phi \cdot Rn \\ Ru &\leq 0,75 \times Rn \\ 24,555 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 9183,872 \text{ Kg} \\ 24,555 \text{ Kg} &\leq 6887,9040 \text{ Kg} \text{ Ok} \end{aligned}$$

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

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

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

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut (\emptyset) = 24,00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} A_g &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 24,000^2 \\ &= 452,1600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \text{-----} (2.5.4-1) \\ &= 620,00 \times 452,16 \\ &= 280339,20 \text{ N} \\ &= 28033,92 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ R_u &\leq 0,75 \times R_n \\ 7440,000 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 28033,920 \text{ Kg} \\ 7440,000 \text{ Kg} &\leq 21025,4400 \text{ Kg} \text{-----} Ok \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \text{-----} (2.5.4-1) \\ &= 457,00 \times 452,16 \\ &= 206637,12 \text{ N} \\ &= 20663,71 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ R_u &\leq 0,75 \times R_n \\ 60,066 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 20663,712 \text{ Kg} \\ 60,066 \text{ Kg} &\leq 15497,7840 \text{ Kg} \text{-----} Ok \end{aligned}$$

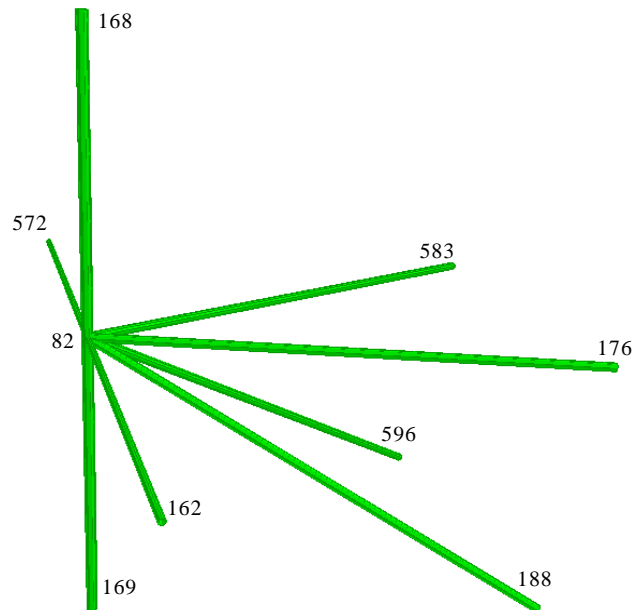
4.1.4 Perencanaan Ball Joint

Spesifikasi data yang dipergunakan :

- Jenis Bahan = Baja Masif atau As Baja
- Standart Kualitas = S.45.C
- Tegangan Leleh (F_y) = 3000 Kg/Cm² - 3700 Kg/Cm²

Digunakan : $F_y = 3700 \text{ Kg/Cm}^2$

Contoh Perencanaan Ball Joint pada Node 82



Tabel 4.4 Keterangan Beam pada Node 82

No.	Beam	Type Hexagon	Gaya Tekan (Kg)	Diameter Hex.
1	Beam No. 168	H60 x 41 - 25	2410,000	41,57 mm
2	Beam No. 169	H60 x 41 - 25	1880,000	41,57 mm
3	Beam No. 162	H25 x 17 - 11	-	19,63 mm
4	Beam No. 572	H25 x 17 - 11	158,134	19,63 mm
5	Beam No. 176	H40 x 24 - 17	3480,000	27,71 mm
6	Beam No. 583	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
7	Beam No. 188	H40 x 24 - 17	3020,000	27,71 mm
8	Beam No. 596	H40 x 24 - 17	4220,000	27,71 mm
<i>Jumlah (Σ)</i>			<i>15168,134 Kg</i>	<i>233,25 mm</i>

Sumber : Hasil Perhitungan

Di Coba menggunakan bola baja type N. 75

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times d \\ &= 3,140 \times 75,300 \\ &= 236,442 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

$$\begin{aligned} K_{Desain} &\geq K_{Perlu} \\ 236,442 \text{ mm} &\geq 233,250 \text{ mm} \dots\dots\dots Ok \end{aligned}$$

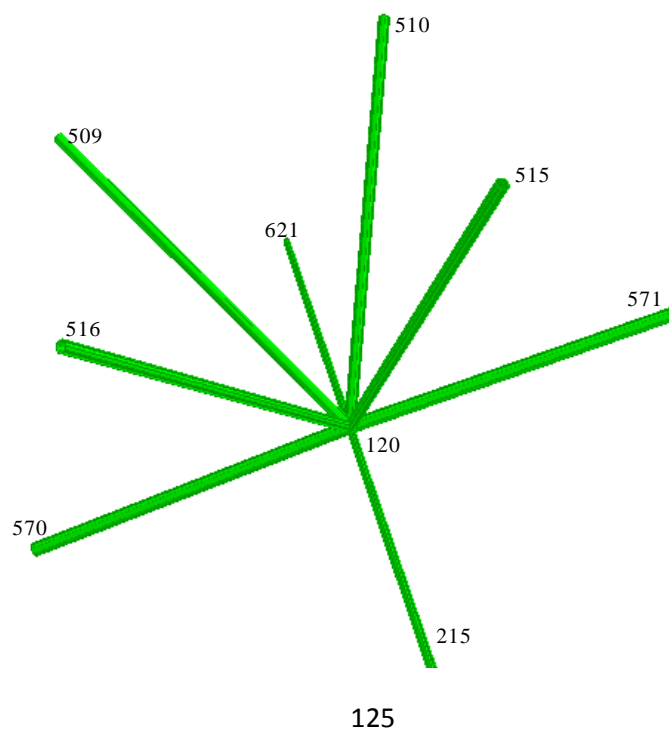
Kontrol kekuatan gaya tekan pada ball joint :

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

- Kekuatan tekan ijin (P_u) N.75 = 15620,000 Kg
- Kekuatan Tekan terjadi (P_n) = 15168,134 Kg

$$\begin{aligned} P_u &> P_n \\ 15620,000 \text{ Kg} &> 15168,134 \text{ Kg} \dots\dots\dots Ok \end{aligned}$$

Contoh Perencanaan Ball Joint pada Node 120



Tabel 4.5 Keterangan Beam pada Node 120

No.	Beam	Type Hexagon	Gaya Tekan (Kg)	Diameter Hex.
1	Beam No. 570	H60 x 41 - 25	977,392	41,57 mm
2	Beam No. 571	H60 x 41 - 25	-	41,57 mm
3	Beam No. 215	H25 x 17 - 11	68,428	19,63 mm
4	Beam No. 621	H25 x 17 - 11	-	19,63 mm
5	Beam No. 515	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
6	Beam No. 516	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
7	Beam No. 509	H40 x 24 - 17	197,561	27,71 mm
8	Beam No. 510	H40 x 24 - 17	95,485	27,71 mm
Jumlah (Σ)			1338,866 Kg	233,25 mm

Sumber : Hasil Perhitungan

Di Coba menggunakan bola baja type N. 75

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3,140 \times 75,300 \\
 &= 236,442 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

$$\begin{aligned}
 K_{Desain} &\geq K_{Perlu} \\
 236,442 \text{ mm} &\geq 233,250 \text{ mm} \text{-----} \text{Ok}
 \end{aligned}$$

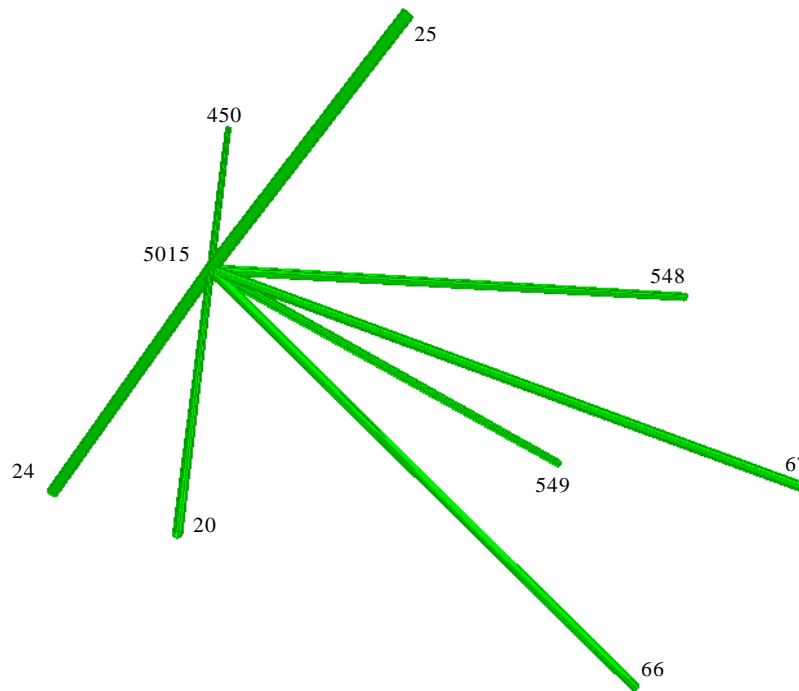
Kontrol kekuatan gaya tekan pada ball joint :

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

- Kekuatan tekan ijin (P_u) N.75 = 15620,000 Kg
- Kekuatan Tekan terjadi (P_n) = 1338,866 Kg

$$\begin{aligned}
 P_u &> P_n \\
 15620,000 \text{ Kg} &> 1338,866 \text{ Kg} \text{-----} \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Contoh Perencanaan Ball Joint pada Node 40



Tabel 4.6 Keterangan Beam pada Node 40

No.	Beam	Type Hexagon	Gaya Tekan (Kg)	Diameter Hex.
1	Beam No. 24	H60 x 41 - 25	2180,000	41,57 mm
2	Beam No. 25	H60 x 41 - 25	-	41,57 mm
3	Beam No. 20	H25 x 17 - 11	114,408	19,63 mm
4	Beam No. 450	H25 x 17 - 11	-	19,63 mm
5	Beam No. 66	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
6	Beam No. 67	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
7	Beam No. 548	H40 x 24 - 17	668,236	27,71 mm
8	Beam No. 549	H40 x 24 - 17	845,807	27,71 mm
Jumlah (Σ)			3808,451 Kg	233,25 mm

Sumber : Hasil Analisa

Di Coba menggunakan bola baja type N. 75

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3,140 \times 75,300 \\
 &= 236,442 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

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

$$236,442 \text{ mm} \geq 233,250 \text{ mm} \text{} Ok$$

Kontrol kekuatan gaya tekan pada ball joint :

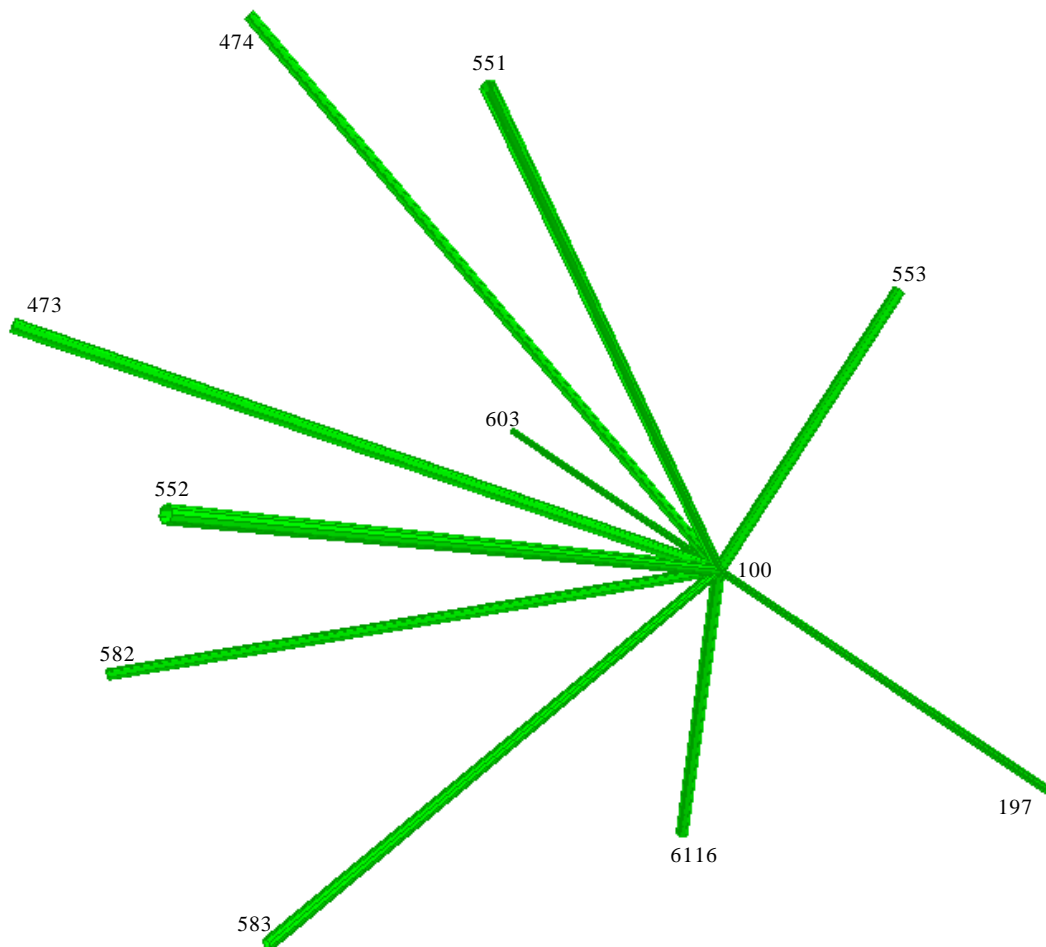
Dari tabel Data Of Allowable/Maximum compression force on ball joint/nodes disyaratkan kekuatan ijin dari ball joint.

- Kekuatan tekan ijin (P_u) N.75 = 15620,000 Kg
- Kekuatan Tekan terjadi (P_n) = 3808,451 Kg

$$P_u > P_n$$

$$15620,000 \text{ Kg} > 3808,451 \text{ Kg} \text{} Ok$$

Contoh Perencanaan Ball Joint pada Node 100



Tabel 4.7 Keterangan Beam pada Node 100

No.	Beam	Type Hexagon	Gaya Tekan (Kg)	Diameter Hex.
1	Beam No. 6116	H60 x 41 - 25	-	41,57 mm
2	Beam No. 553	H60 x 41 - 25	17500,000	41,57 mm
3	Beam No. 197	H25 x 17 - 11	-	19,63 mm
4	Beam No. 603	H25 x 17 - 11	-	19,63 mm
5	Beam No. 582	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
6	Beam No. 583	H40 x 24 - 17	3640,000	27,71 mm
7	Beam No. 551	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
8	Beam No. 552	H40 x 24 - 17	1030,000	27,71 mm
9	Beam No. 473	H40 x 24 - 17	-	27,71 mm
10	Beam No. 474	H40 x 24 - 17	666,003	27,71 mm
Jumlah (Σ)			22170,000 Kg	233,25 mm

Sumber : Hasil Analisa

Di Coba menggunakan bola baja type N. 90

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3,140 \times 90,200 \\
 &= 283,228 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

$$\begin{aligned}
 K_{\text{Desain}} &\geq K_{\text{Perlu}} \\
 283,228 \text{ mm} &\geq 233,250 \text{ mm} \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

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.75 = 23120,000 Kg
- Kekuatan Tekan terjadi (P_n) = 22170,000 Kg

$$P_u > P_n$$

$$23120,000 \text{ Kg} > 22170,000 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

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 4.8 Kebutuhan Dimensi Ball Joint

No	Joint/Simpul	Kebutuhan Analisa	Kuat Tekan (Kg)	Ball Joint yang digunakan	Kuat Tekan (Kg)
1	Joint 82	N75	15620,000	N120	38090
2	Joint 120	N75	15620,000	N120	38090
3	Joint 40	N75	15620,000	N120	38090
4	Joint 100	N90	23120,000	N150	59650

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 N120 (119,40 mm) dan type N150 (151,00 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 10 buah pada setiap jointnya.

Tabel 4.9 Dimensi Sambungan Mero Sistem

No.	Type Ball Joint	Dimensi (mm)	Type Baut	Hexagon yang digunakan	Jumlah batang Maksimum	Jumlah Ball Joint (Buah)
3	N.120	119,40	M10	H25 x 17 - 11	8	6112
			M16	H40 x 24 - 17		
			M24	H60 x 41 - 25		
4	N.150	151,00	M10	H25 x 17 - 11	10	32
			M16	H40 x 24 - 17		
			M24	H60 x 41 - 25		

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.10 Dimensi Hexagon dan Conus yang digunakan

Property	Hexagon	Conus (mm)		Gaya yang Terjadi (Kg)	
		Panjang	Tebal	Tekan	Tarik
Property PIP.S.15	H25 x 17 - 11	50,00	3,680	412,361	183,848
Property PIP.S.25	H40 x 24 - 17	70,00	5,160	7440,000	6830,000
Property PIP.S.30	H60 x 41 - 25	70,00	5,490	18200,000	7440,000

Sumber : Hasil perhitungan

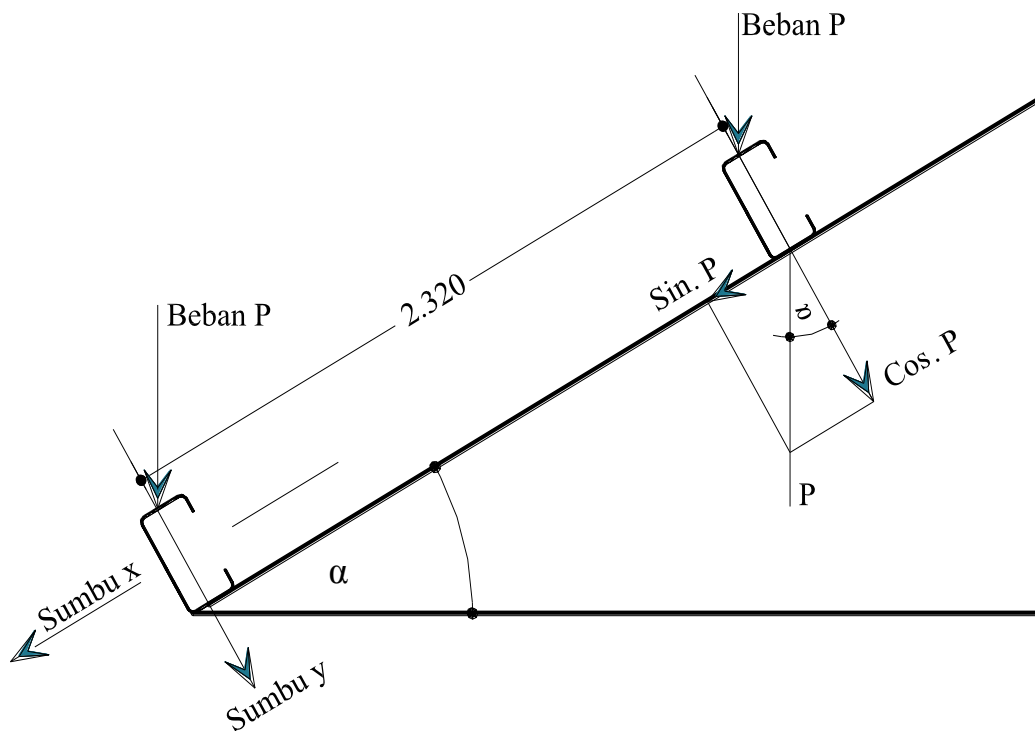
4.2 Analisa Perletakan Gording

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 = $0^\circ - 40,228^\circ$
 - Beban mati = 56,200 Kg
 - Air hujan = 136,416 Kg
- $\text{Jumlah gaya tekan} = \frac{\quad}{\quad} +$
 $\quad \quad \quad = 192,616 \text{ Kg}$

Penguraian Gaya Pada Gording Atap :



Gambar : 4.1 Arah Penguraian Gaya

Gaya Arah X (gaya geser)

$$\begin{aligned}
 P_x &= \text{Sina} \times P \\
 &= \text{Sin } 0,00 \quad \times \quad 192,616 \text{ Kg} \\
 &= 0,000 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah X (gaya geser)

$$\begin{aligned}
 P_x &= \text{Sina} \times P \\
 &= \text{Sin } 38,17 \quad \times \quad 192,616 \text{ Kg} \\
 &= 119,023 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah y (gaya Tekan)

$$\begin{aligned}
 P_y &= \cos \alpha \times P \\
 &= \cos 0,00 \times 192,616 \text{ Kg} \\
 &= 192,616 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- Beban angin tekan = 45,784 Kg
- Beban angin Hisap = 19,174 Kg

Gaya Arah y (gaya Tekan)

$$\begin{aligned}
 P_y &= \cos \alpha \times P \\
 &= \cos 38,17 \times 192,616 \text{ Kg} \\
 &= 151,442 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Diketahui beban gording dinding :

- Sudut Kemiringan atap = 90 °
 - Beban mati = 59,153 Kg
 - Beban Hidup = 86,287 Kg
- $$\text{Jumlah gaya geser} = 145,440 \text{ Kg}$$
- Beban angin tekan = 33,223 Kg
 - Beban angin Hisap = 6,325 Kg

Tabel 4.11 Gaya untuk Mendesain Tumpuan Gording

No	Uraian	Gaya Tekan (Kg)	Gaya Geser (Kg)	Angin Tekan (Kg)	Angin Hisap (Kg)
1	Beban Gording Atap (0°)	192,616	0,000	45,784	19,174
	Beban Gording Atap (38,165°)	151,442	119,023	45,784	19,174
2	Beban Gording Dinding (90°)	-	145,440	33,223	6,325
<i>Diambil yang maksimum</i>		192,616	145,440	45,784	19,174

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 x 60 x 4} sebagai perletakan gording.

- Kegunaan = Tempat perletakan gording
 - Standar Kualitas = JIS G 3101 - SS 400
 - Tegangan Leleh (F_y) = 2200 Kg/Cm² - 2500 Kg/Cm²
- Digunakan : $F_y = 2400,00 \text{ Kg/Cm}^2$

- **Perencanaan Baut dan Hexagon**

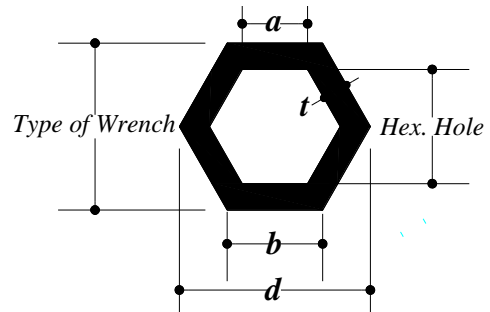
Direncanakan Menggunakan baut = M_{10 x 50}

Tipe Hexagon = H25 x 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
- Tegangan Leleh (F_y) = 3500,00 Kg/Cm²



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H25 x 17 - 11

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

$$= \left(\frac{0,5 \times 1,1000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0,635 \text{ Cm}$$

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

$$= \left(\frac{0,5 \times 1,7000}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0,981 \text{ Cm}$$

$$t = 0,5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.5.3-3)$$

$$= 0,5 \times 1,700 - 1,100$$

$$= 0,300 \text{ Cm}$$

$$\begin{aligned}
A &= 6,00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.5.3-4) \\
&= 6,00 \times \frac{0,635 + 0,981}{2} \times 0,3000 \\
&= 1,455 \text{ Cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d &= b + (\tan 30^\circ \times 0,5 \times \text{Type Of Wrench}) \times 2 \dots\dots\dots (2.5.3-5) \\
&= 0,981 + [\tan 30^\circ \times 0,5 \times 1,7] \times 2 \\
&= 1,9630 \text{ Cm}
\end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H25 x 17 - 11

$$\begin{aligned}
P &= 0,90 \times F_y \times A_g \dots\dots\dots (2.5.3-6) \\
&= 0,90 \times 2400,00 \times 1,455 \\
&= 3142,632985
\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tekan Hexagon

$$\begin{aligned}
P \text{ Max. Rencana} &> P \text{ Max. Terjadi} \\
3142,633 \text{ Kg} &> 238,400 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{Ok}
\end{aligned}$$

Perhitungan tebal Conus

- Diameter (Ø) Luar = 49,63 mm
- Diameter (Ø) Dalam = 45,03 mm
- Wall Thickness (t) = 2,30 mm
- Tegangan Leleh (Fy) = 240 MPa

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned}
tw_c &= \frac{\Phi \cdot P_{max}}{F_y} \dots\dots\dots (2.5.2-2) \\
&= \frac{0,9 \times 238,40}{240} \\
&= 0,894 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned}
 A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 - 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 49,63 - 0,25 \times 3,14 \times 45,03^2 \\
 &= 1933,562 - 1591,75 \\
 &= 341,82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned}
 A_{Perlu} &\leq A_{Desain} \\
 0,894 \text{ mm}^2 &\leq 341,82 \text{ mm}^2 \text{ ----- Ok}
 \end{aligned}$$

• **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 :

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn$$

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$19,174 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 4867,000 \text{ Kg}$$

$$19,174 \text{ Kg} \leq 3650,2500 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$Rn = Fnt \times Ab \text{ ----- (2.4.2-1)}$$

$$= 457,00 \times 78,50$$

$$= 35874,50 \text{ N}$$

$$= 3587,45 \text{ Kg}$$

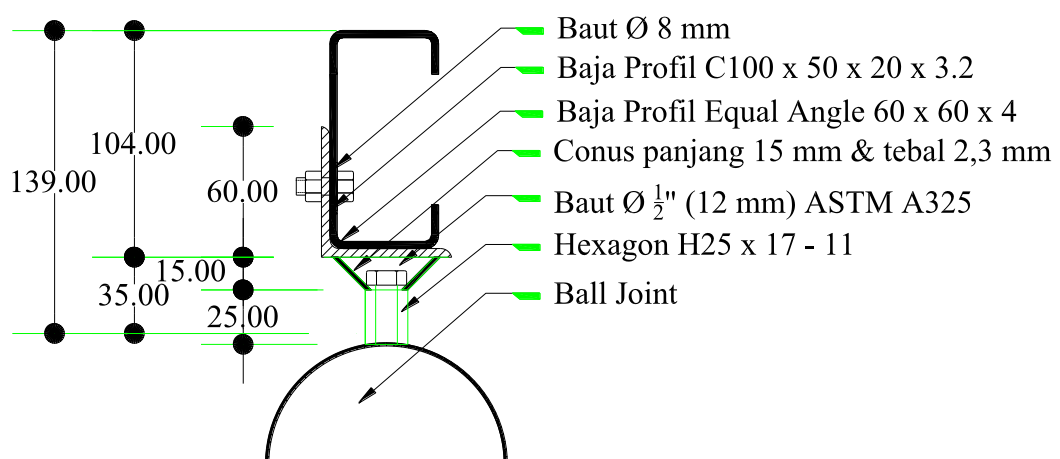
Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$Ru \leq \Phi \cdot Rn$$

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$145,440 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 3587,450 \text{ Kg}$$

$$145,440 \text{ Kg} \leq 2690,5875 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$



Gambar : 4.2 Detail Tumpuan Gording

4.3 Analisa Sambungan Gording Menerus

Panjang gording yang digunakan adalah 48,00 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. 2.

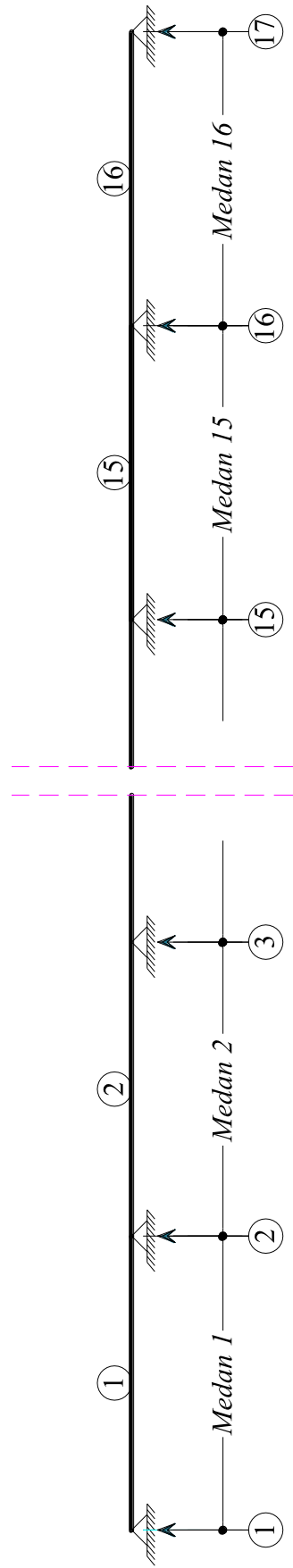
Tabel 4.12 Gaya yang Terjadi pada Gording Atap No. 2

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	1,4DL+1,6Lr+0,5W	83,292	116,937	40,987	57,582
	3	1,4DL+1,6Lr+0,5W	86,942	122,021	40,987	57,582
5	4	1,4DL+1,6Lr+0,5W	87,177	123,368	44,196	61,622
	5	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,367	123,724	44,196	61,622
7	6	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,247	123,819	44,120	61,905
	7	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,265	123,844	44,120	61,905
9	8	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,270	123,850	44,141	61,923
	9	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,270	123,850	44,141	61,923
11	10	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,265	123,844	44,120	61,905
	11	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,247	123,819	44,120	61,905
13	12	1,4DL+1,6Lr+0,5W	88,177	123,724	43,911	61,622
	13	1,4DL+1,6Lr+0,5W	87,917	123,368	43,911	61,622
15	14	1,4DL+1,6Lr+0,5W	86,942	122,021	40,987	57,582
	15	1,4DL+1,6Lr+0,5W	83,292	116,937	40,987	57,582

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka digunakan gaya paling besar yang terjadi :

- Gaya Geser (V_u) = 123,850 Kg
- Gaya Tarik (P_u) = 88,270 Kg
- Momen (M_{ux}) = 44,141 Kg.m
- Momen (M_{uy}) = 61,923 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) = $b - 2 \times (r_o + t)$
 $= 50,000 - 2 \times (3,00 + 3,20)$
 $= 37,600$ mm
- Lebar pelat badan (w_n) = $b - 2 \times (r_o + t)$
 $= 100,000 - 2 \times (3,00 + 3,20)$
 $= 87,600$ 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.

$$\begin{aligned}
 M_n &= \Phi \times Z_x \times F_y \text{----- SNI 1729-2015 Pasal F2} \\
 &= 0,9 \times 21,300 \times 1764,000 \\
 &= 33815,880 \text{ Kg.Cm}
 \end{aligned}$$

Untuk kekuatan geser :

Koefisien tekuk geser plat badan, K_v untuk badan tanpa pengaku transversal dan dengan $H/t_w < 2060$ maka digunakan $K_v = 5$:

$$H/t_w = 29,250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H/t_w &\leq 1,10 \times \sqrt{K_v \times E/F_y} \\
 29,250 &\leq 1,10 \times \sqrt{\frac{5,00 \times 2100000}{1764,000}}
 \end{aligned}$$

$$29,250 \leq 84,867 \text{----- } C_v = 1,00$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \text{----- SNI 1729-2015 Pasal G2} \\
 &= 0,6 \times 1764,000 \times 0,32 \times 1,00 \\
 &= 338,688 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pelat Penyambung Flens (Sayap)

Momen lentur yang harus di pikul oleh pelat penyambung flens adalah sebesar 90% maka

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 90\% \times M_{ux} & M_{uy} &= 90\% \times M_{uy} \\
 &= 90\% \times 44,141 & &= 90\% \times 61,923 \\
 &= 39,727 \text{ Kg.m} & &= 55,731 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik yang terjadi akibat momen lentur adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{ux} &= \frac{M_{ux}}{B + t_{pf}} & T_{uy} &= \frac{M_{uy}}{H + t_{pf}} \\
 &= \frac{39726,900}{50,00 \times 3,20} & &= \frac{55730,700}{100,00 \times 3,20} \\
 &= 248,293 \text{ Kg} & &= 174,158 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Periksa pelat penyambung terhadap kondisi leleh :

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{ux}}{0,9 \times w_n \times F_y} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{2482,931}{0,9 \times 37,600 \times 245,000} \\
 &= 0,299 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$t_{min} \leq t_{pf}$$

$$0,299 \text{ mm} \leq 3,200 \text{ mm} \text{----- Ok}$$

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{uy}}{0,9 \times t_{pf} \times F_y} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{174,158}{0,9 \times 3,200 \times 245,000} \\
 &= 0,247 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$t_{min} \leq wn$$

$$0,247 \text{ mm} \leq 37,600 \text{ mm} \dots\dots\dots Ok$$

Periksa pelat penyambung terhadap kondisi fraktur :

$$t_{min} = \frac{Tux}{0,75 \times w_n \times U \times Fu} \dots\dots\dots Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343$$

$$= \frac{2482,931}{0,75 \times 37,600 \times 1 \times 450,000}$$

$$= 0,196 \text{ mm}$$

$$t_{min} \leq tpf$$

$$0,196 \text{ mm} \leq 3,200 \text{ mm} \dots\dots\dots Ok$$

$$t_{min} = \frac{Tuy}{0,75 \times tpf \times U \times Fu} \dots\dots\dots Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343$$

$$= \frac{174,158}{0,75 \times 3,200 \times 1 \times 450,000}$$

$$= 0,161 \text{ mm}$$

$$t_{min} \leq wn$$

$$0,161 \text{ mm} \leq 37,600 \text{ mm} \dots\dots\dots Ok$$

Pelat Penyambung Web (Badan)

$$Vn = 338,688 \text{ Kg}$$

$$Mux = 10\% \times Mux$$

$$= 10\% \times 44,141$$

$$= 4,414 \text{ Kg.m}$$

$$Muy = 10\% \times Muy$$

$$= 10\% \times 61,923$$

$$= 6,192 \text{ Kg.m}$$

$$Ag = Lebar \times Tebal$$

$$= 87,600 \times 3,200$$

$$= 280,32 \text{ mm}^2$$

Periksa pelat penyambung terhadap geser leleh :

$$\begin{aligned} \text{Geser-Leleh} &= \Phi \times 0,6 \times F_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 245,00 \times 280,320 \\ &= 37086,336 \end{aligned}$$

$$\text{Geser-Leleh} \geq V_n$$

$$37086,336 \text{ Kg} \geq 338,688 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok}$$

Periksa pelat penyambung terhadap geser Fraktur :

$$\begin{aligned} \text{Geser-Fraktur} &= \Phi \times 0,6 \times F_u \times A_g \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 450,00 \times 280,320 \\ &= 56764,8 \end{aligned}$$

$$\text{Geser-Fraktur} \geq V_n$$

$$56764,800 \text{ Kg} \geq 338,688 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok}$$

Analisa Sambungan las

Dasar Desain Φ . R_n dan kekuatan yang diizinkan R_n/Ω

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

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 4.13 Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari bagian paling tipis yang tersambung, in (mm)	Ukuran minimum las sudut ^[a] 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

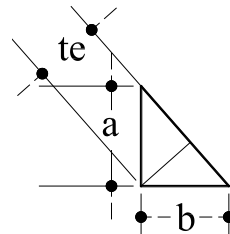
Panjang kaki las (a)

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

$$\begin{aligned} te &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 3,200 \\ &= 2,262 \text{ mm} \end{aligned}$$



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 :

$$\begin{aligned} \text{Panjang las Minimum} &= 4 \times \text{Ukuran Las nominal} \\ &= 4 \times 3,20 \\ &= 12,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat Rencana Persatuan Panjang las sudut

Untuk logam pengisi (*Las*)

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times te \times (0,6 \times Fuw) \dots\dots\dots (2.6.3-10) \\ &= 0,75 \times 2,262 \times 0,60 \times 485,00 \\ &= 493,77 \text{ N/mm} \\ &= 49,377 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

Untuk logam dasar (pelat Penyambung) kuat runtuh geser pelat.

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times tpf \times (0,6 \times Fu) \dots\dots\dots (2.6.3-11) \\ &= 0,75 \times 3,200 \times 0,60 \times 450,00 \\ &= 648,00 \text{ N/mm} \\ &= 64,800 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

Panjang Total Las yang dibutuhkan :

Akibat gaya Geser.

$$\begin{aligned}Lw &= \frac{Vu}{\Phi.Rnw} \\ &= \frac{338,688}{49,377} \\ &= 6,859 \text{ mm}\end{aligned}$$

Akibat gaya tarik.

$$\begin{aligned}Lw &= \frac{Tux}{\Phi.Rnw} & Lw &= \frac{Tuy}{\Phi.Rnw} \dots\dots\dots (2.6.3-12) \\ &= \frac{248,293}{49,377} & &= \frac{174,158}{64,800} \\ &= 5,029 \text{ mm} & &= 2,688 \text{ mm}\end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}A_{we} &= \textit{Throat Efektif} \times \textit{Panjang Efektif} \\ &= 2,262 \times 5,03 \text{ mm} \\ &= 11,38 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas Efektif pada pelat badan :

$$\begin{aligned}A_{we} &= \textit{Throat Efektif} \times \textit{Panjang Efektif} \\ &= 2,262 \times 6,86 \text{ mm} \\ &= 15,52 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas Penampang penyambung pada pelat sayap :

$$\begin{aligned}A_{BM} &= \textit{Panjang Las} \times \textit{tebal} \\ &= 5,0285 \times 3,200 \\ &= 16,09 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas Penampang penyambung pada pelat badan :

$$\begin{aligned}A_{BM} &= \textit{Panjang Las} \times \textit{tebal} \\ &= 6,859 \times 3,200 \\ &= 21,95 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kekuatan Las

- Untuk Logam dasar pada sayap

$$\begin{aligned}Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 450,00 \times 16,091 \\ &= 7241,083 \text{ N} \\ &= 724,108 \text{ N}\end{aligned}$$

- Untuk Logam dasar pada badan

$$\begin{aligned}Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 450,00 \times 21,950 \\ &= 9877,309 \text{ N} \\ &= 987,731 \text{ N}\end{aligned}$$

- Untuk Logam las pada sayap

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times Awe \\
 &= 485,00 \times 11,377 \\
 &= 5517,625 \text{ N} \\
 &= 551,763 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Untuk Logam las pada badan

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times Awe \\
 &= 485,00 \times 15,518 \\
 &= 7526,400 \text{ N} \\
 &= 752,640 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain logam dasar pada badan :

$$Ru \leq \emptyset \cdot Rn$$

$$Ru \leq 0,75 \times Rn$$

$$338,688 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 987,731 \text{ Kg}$$

$$338,688 \text{ Kg} \leq 740,798 \text{ Kg} \text{ -----} Ok$$

Kontrol Kekuatan desain logam pengisi pada badan :

$$Ru \leq \emptyset \cdot Rn$$

$$Ru \leq 0,75 \times Rn$$

$$338,688 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 752,640 \text{ Kg}$$

$$338,688 \text{ Kg} \leq 564,480 \text{ Kg} \text{ -----} Ok$$

4.4 Analisa Base Plate

Tabel 4.14 Reaksi Maksimum dan Minimum yang terjadi

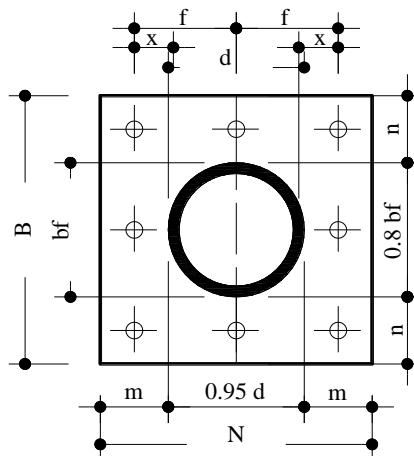
	Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
			FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg·m)	MY (kg·m)	MZ (kg·m)
Max FX	88	6:1.2DL+1.6LR	11E+3	18.5E+3	212.200	0.000	0.000	0.000
Min FX	205	6:1.2DL+1.6LR	-11.6E+3	19.8E+3	224.717	0.000	0.000	0.000
Max FY	205	6:1.2DL+1.6LR	-11.6E+3	19.8E+3	224.717	0.000	0.000	0.000
Min FY	206	6:1.2DL+1.6LR	1.46E+3	-7.2E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
Max FZ	1645	6:1.2DL+1.6LR	-6.21E+3	12.6E+3	3.46E+3	0.000	0.000	0.000
Min FZ	204	6:1.2DL+1.6LR	-6.21E+3	12.6E+3	-3.46E+3	0.000	0.000	0.000
Max MX	87	1:BEBAN MAT	2.98E+3	6.21E+3	-1.66E+3	0.000	0.000	0.000
Min MX	87	1:BEBAN MAT	2.98E+3	6.21E+3	-1.66E+3	0.000	0.000	0.000
Max MY	87	1:BEBAN MAT	2.98E+3	6.21E+3	-1.66E+3	0.000	0.000	0.000
Min MY	87	1:BEBAN MAT	2.98E+3	6.21E+3	-1.66E+3	0.000	0.000	0.000
Max MZ	87	1:BEBAN MAT	2.98E+3	6.21E+3	-1.66E+3	0.000	0.000	0.000
Min MZ	87	1:BEBAN MAT	2.98E+3	6.21E+3	-1.66E+3	0.000	0.000	0.000

Sumber : Analisa StaadPro V8i/2007

a. Menentukan Beban Aksial yang terjadi

Dari Hasil Analisa StaadPro V8i/2007 di dapat reaksi maksimum yang terjadi pada tumpuan dengan besar sebagai berikut :

- Reaksi Vertikal (RV_{Tekan}) = 19800,000 Kg
- Reaksi Vertikal (RV_{Tarik}) = 7200,000 Kg
- Reaksi Horixontal X ($R_{H(Kanan)}$) = 11000,000 Kg
- Reaksi Horixontal X ($R_{H(Kiri)}$) = 11600,000 Kg
- Reaksi Horixontal Z ($R_{H(Kanan)}$) = 3460,000 Kg
- Reaksi Horixontal Z ($R_{H(Kiri)}$) = 3460,000 Kg



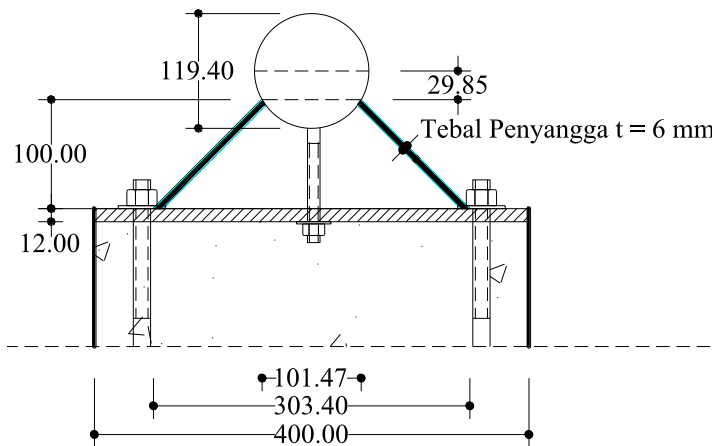
Gambar 4.4 Penampang Base Plate dan Notasi

4.4.1 Perencanaan Penyangga Ball Joint

Direncanakan :

- Tegangan tarik Penyangga = 415,00 MPa
- Tegangan leleh penyangga = 240,00 MPa
- Diameter Ball Joint = N120 (119,400 mm)
- Tinggi penyangga = 100,000 mm
- Tebal penyangga di coba = 6,000 mm
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa

Ball joint di rencanakan di sangga pada 1/4 diameter dari ball joint sehingga diameter penyangga dapat ditentukan :



Gambar 4.5 Rencana Penyangga Ball Joint

Maka diameter penyangga :

- Diameter luar penyangga atas = 101,470 mm
- Diameter luar penyangga bawah = 303,400 mm

Untuk diameter dalam dapat ditentukan sebagai berikut :

- Diameter dalam penyangga atas = 101,470 - 2 x tebal penyangga
= 101,470 - [2,00 x 6,00]
= 89,470 mm
- Diameter dalam penyangga bawah = 303,400 - 2 x tebal penyangga
= 303,400 - [2,00 x 6,00]
= 291,400 mm

- Luas Penampang penyangga atas

$$\begin{aligned}
 A_g &= 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 - 0,3 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 101,470^2 - 0,25 \times 3,14 \times 89,470^2 \\
 &= 1798,6548 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas Penampang penyangga bawah

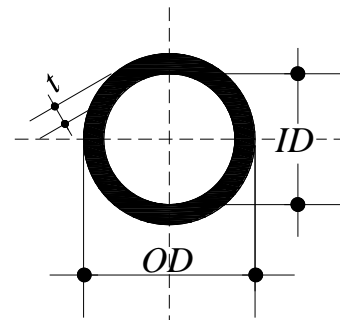
$$\begin{aligned}
 A_g &= 0,25 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 - 0,3 \times 3,14 \times \text{ØOD}^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 303,400^2 - 0,25 \times 3,14 \times 291,400^2 \\
 &= 5603,0160 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Klasifikasi penampang :

$$\begin{aligned}
 D/t &\geq 0,11 \times \frac{E}{F_y} \\
 \frac{101,47}{6,00} &\geq 0,11 \times \frac{210000,00}{240,00} \\
 16,912 &\leq 96,25 \text{ ----- Non Langsing}
 \end{aligned}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 100,00 mm
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$



Dimana :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} \times [\text{OD}^4 - \text{ID}^4] \\
 &= \frac{3,14}{64} \times [50,735^4 - 44,735^4] \\
 &= 128583,03 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi/Jari-Jari Girasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{128583,034}{303,400}} \\
 &= 20,5866 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\frac{100,000}{20,587} < 200$$

$$4,858 < 200 \text{ ----- Ok}$$

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 :

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{100}{20,587} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{210000,00}{240}}$$

$$4,8575 \leq 139,324 \text{ ----- Maka Digunakan } F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3,14^2 \times 210000,00}{4,858^2}$$

$$= 87749,911 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis di tentukan Sebagai Berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \text{-----}(2.4.3-5) \\
 &= \left(0,658 \frac{240,000}{87749,911} \right) \times 240,000 \\
 &= 239,725 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kuat Tekan Nominal

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \text{-----}(2.4.3-5) \\
 &= 239,725 \times 1798,655 \\
 &= 431183,270 \text{ N} \\
 &= 43118,327 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tekan

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_n \\
 P_u &\leq 0.9 \times P_n \\
 19800,000 \text{ Kg} &\leq 0,9 \times 43118,327 \text{ Kg} \\
 19800,000 \text{ Kg} &\leq 38806,4943 \text{ Kg} \text{-----}Ok
 \end{aligned}$$

Perencanaan Baut

Perencanaan Baut ini digunakan untuk menahan gaya tarik yang terjadi pada ball joint, sehingga antara ball joint dan base plate di beri baut.

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut (ϕ) = 24,00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned}
 A_g &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 24,000^2 \\
 &= 452,1600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fn \times Ab \text{-----} (2.4.2-1) \\ &= 620,00 \times 452,16 \\ &= 280339,20 \text{ N} \\ &= 28033,92 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \phi \cdot Rn \\ Ru &\leq 0,75 \times Rn \\ 7200,000 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 28033,920 \text{ Kg} \\ 7200,000 \text{ Kg} &\leq 21025,4400 \text{ Kg} \text{-----} Ok \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fnt \times Ab \text{-----} (2.4.2-1) \\ &= 457,00 \times 452,16 \\ &= 206637,12 \text{ N} \\ &= 20663,71 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$\begin{aligned} Ru &\leq \phi \cdot Rn \\ Ru &\leq 0,75 \times Rn \\ 11600,000 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 20663,712 \text{ Kg} \\ 11600,000 \text{ Kg} &\leq 15497,7840 \text{ Kg} \text{-----} Ok \end{aligned}$$

4.4.2 Perencanaan Base Plate

Direncanakan :

- Kuat Tekan Beton ($f'c$) = 25,00 MPa
- Tegangan leleh plat = 240,00 MPa
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan tarik Penyangga = 415,00 MPa

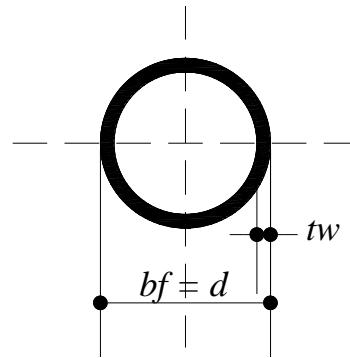
Profil yang akan disambung adalah profil baja dengan dimensi sebagai berikut :

- $bf = 303,40 \text{ mm}$
- $d = 303,40 \text{ mm}$
- $tw = 6,00 \text{ mm}$

Luas Penampang Pipa

- Diameter Luar (OD) = $303,40 \text{ mm}$
- Diameter Dalam (ID) = $291,40 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 0,25 \times 3,14 \times \varnothing OD^2 - 0,3 \times 3,14 \times \varnothing OD^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 303,400^2 - 0,25 \times 3,14 \times 291,400^2 \\
 &= 5603,0160 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Prosedur desain umum

Ada tiga kategori umum dalam merencanakan base plate antara lain sebagai berikut :

- Kategori 1 $\rightarrow A_2 = A_1$
- Kategori 2 $\rightarrow A_2 \geq 4A_1$
- Kategori 3 $\rightarrow A_1 < A_2 < 4A_1$

Dimana :

- A_1 = Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm^2
- A_2 = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm^2

Merencanakan Bantalan Beton :

Luas Perlu Bantalan Beton

$$\begin{aligned}
 A_{1 (req)} &= \frac{Pu}{fp (Max)} \text{-----} (2.7.1-10) \\
 &= \frac{Pu}{0,85 \cdot f'c} \\
 &= \frac{198000,000}{0,85 \times 25} \\
 &= 9317,6471 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan Bantalan Beton

$$\frac{P_u}{A_1} \leq 0,85 \times f_c' \text{ ----- (2.4.2-1)}$$

$$\frac{198000,00}{9317,647} \leq 0,85 \times 25$$

$$21,250 \leq 21,250 \text{ ----- Ok}$$

$$\begin{aligned} P_p &= 0,85 \cdot f_c' \cdot 2 \cdot A_1 \\ &= 0,85 \times 25,0 \times 2 \times 9317,647 \\ &= 396000,000 \text{ N} \\ &= 39600,00 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Bantalan Beton :

$$P_u \leq \Phi_c \cdot P_p$$

$$19800,00 \text{ Kg} \leq 0,6 \times 39600,000$$

$$19800,00 \text{ Kg} \leq 23760,00 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

Direncanakan base plat menggunakan kategori 2 dimana $A_2 = A_1$ Maka luas perlu penampang plat baja dapat di hitung sebagai berikut :

$$A_{1 (req)} = \frac{P_u}{\Phi \cdot 0,85 \cdot f_c'} \text{ ----- (2.7.1-10)}$$

$$= \frac{198000,000}{0,6 \times 0,85 \times 25}$$

$$= 15529,4118 \text{ mm}^2$$

Mengoptimalkan dimensi base plate.

$$A = \frac{0,95d - 0,8 b_f}{2} \text{ ----- (2.7.1-12)}$$

$$= \frac{0,95 \times 303,40 - 0,80 \times 303,40}{2}$$

$$= 22,7550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
N &= \sqrt{A_{1(Req)} + \Delta} \text{-----}(2.7.1-11) \\
&= \sqrt{15529,41 + 22,755} \\
&= 147,3721 \text{ mm} \approx \text{Maka diambil} = \mathbf{400,00 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B &= \frac{A_{1(Req)}}{N} \text{-----} (2.7.1-13) \\
&= \frac{15529,412}{147,372} \\
&= 105,3755 \text{ mm} \approx \text{Maka diambil} = \mathbf{400,00 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Base Plate.

Menghitung m, n, dan x

$$\begin{aligned}
m &= \frac{(N - 0,95d)}{2} \text{-----}(2.7.1-14) \\
&= \frac{400,00 - 0,95 \times 303,40}{2} \\
&= 55,885 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n &= \frac{(B - 0,80bf)}{2} \text{-----}(2.7.1-15) \\
&= \frac{400,00 - 0,80 \times 303,40}{2} \\
&= 78,640 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_p &= 0,85 \cdot f'_c \cdot 2 \cdot A_1 \\
&= 0,85 \times 25 \times 2 \times [400,00 \times 400,00] \\
&= 6800000,000 \text{ N} \\
&= 680000,000 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X &= \frac{\left\{ \frac{4d \cdot b_f}{(d + b_f)^2} \right\} \times \frac{P_u}{\phi \cdot P_p} \text{-----}(2.7.1-18)} \\
&= \frac{\left\{ \frac{4 \times 303,40 \times 303,40}{(303,40 + 303,40)^2} \right\} \times \frac{19800,00}{0,60 \times 680000,000}} \\
&= 0,049
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{2 \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \text{-----} (2.7.1-17) \\ &= \frac{2 \sqrt{0,05}}{1 + \sqrt{1 - 0,05}} \\ &= 0,223 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\lambda \leq 1$$

$$0,223 \leq 1 \text{-----} Ok$$

$$\begin{aligned} \lambda n' &= \lambda \times \frac{\sqrt{d \cdot bf}}{4} \text{-----} (2.7.1-16) \\ &= 0,223 \times \frac{\sqrt{303,40 \times 303,40}}{4} \\ &= 33,834 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum base plate. ($I_{Max}(m, n, \lambda n')$)

$$\begin{aligned} t_{min} &= I_{Max} \times \sqrt{\frac{2 \times Pu}{\phi \cdot fy \cdot B \cdot N}} \text{-----} (2.7.1-19) \\ &= 78,640 \times \sqrt{\frac{2 \times 198000,00}{0,60 \times 240,00 \times 400,00 \times 400,00}} \\ &= 10,310 \text{ mm} \approx \text{Maka diambil} = \mathbf{12,00 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Kontrol untuk beban Aksial pada landasan beton

$$Pu \leq 0,6 \times P_p$$

$$19800,000 \text{ Kg} \leq 0,6 \times 680000,000 \text{ Kg}$$

$$19800,000 \text{ Kg} \leq 408000,000 \text{ Kg} \text{-----} Ok$$

Perhitungan Angkur :

Angkur yang dipasang pada suatu base plate di rencanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik , dengan syarat sebagai berikut :

Direncanakan Dimensi Angkur 16 dengan jumlah 4

$$\begin{aligned} A_b &= 0,25 \times 3,14 \times \varnothing^2 \times n \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 1,600^2 \times 4 \\ &= 8,0384 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Gaya geser terfaktor pada angkur Arah X

$$V_{ub\ x} = \frac{V_u}{n} = \frac{11600,000}{4} = 2900,00 \text{ Kg}$$

- Gaya geser terfaktor pada angkur Arah Z

$$V_{ub\ y} = \frac{V_u}{n} = \frac{3460,000}{4} = 865,00 \text{ Kg}$$

- Tegangan geser yang terjadi pada angkur

$$\begin{aligned} f_{vx} &= \frac{V_{ub}}{A_b} & f_{vy} &= \frac{V_{ub}}{A_b} \\ &= \frac{2900,00}{8,04} & &= \frac{865,00}{8,04} \\ &= 360,77 \text{ Kg/Cm}^2 & &= 107,61 \text{ Kg/Cm}^2 \\ &= 36,08 \text{ MPa} & &= 10,76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Untuk Angkur tipe A325 dengan ulir di luar bidang geser

$$\begin{aligned} F_t &= 807 - 1,5f_v < 621 \text{ (2.7.2-5)} \\ &= 807 - 1,5 \times 36,077 \\ &= 752,88 \text{ MPa} < 621,00 \text{ MPa No} \end{aligned}$$

- Untuk Angkur tipe A307

$$\begin{aligned} F_t &= 407 - 1,9f_v < 310 \text{ (2.7.2-3)} \\ &= 407 - 1,9 \times 36,077 \\ &= 338,45 \text{ MPa} < 621,00 \text{ MPa Ok} \end{aligned}$$

Maka angkur yang digunakan adalah angkur tipe A307 dengan $F_v = 166 \text{ Mpa}$

Kontrol gaya geser angkur arah X :

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \text{ ----- (2.7.2-1)}$$

$$2900,000 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 166,00 \times 803,8400$$

$$2900,000 \text{ Kg} \leq 100078,080 \text{ N}$$

$$2900,000 \text{ Kg} \leq 10007,808 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

Kontrol gaya geser angkur arah Y :

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \text{ ----- (2.7.2-1)}$$

$$865,000 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 166,00 \times 803,8400$$

$$865,000 \text{ Kg} \leq 100078,080 \text{ N}$$

$$865,000 \text{ Kg} \leq 10007,808 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

Kontrol gaya tarik angkur :

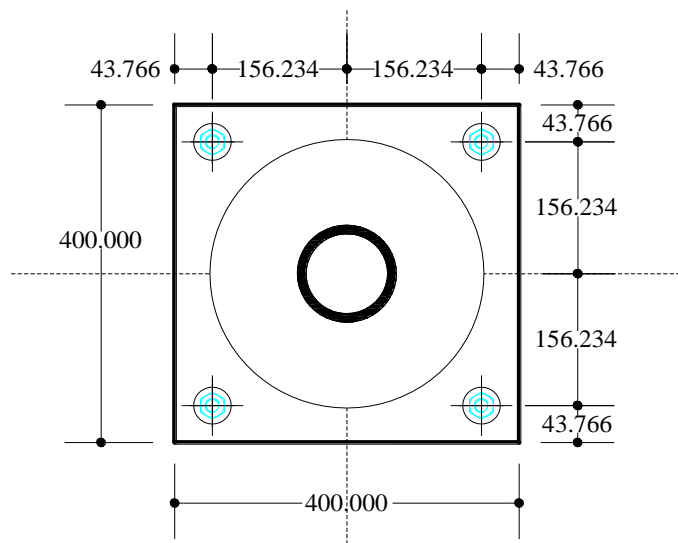
$$T_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b \text{ ----- (2.7.2-2)}$$

$$7200,000 \text{ Kg} \leq 0,75 \times 338,45 \times 803,8400$$

$$7200,000 \text{ Kg} \leq 204047,160 \text{ N}$$

$$7200,000 \text{ Kg} \leq 20404,716 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

Kontrol Jarak Antar Baut



Gambar 4.6 Penempatan Angkur pada Base Plate

Jarak Baut Angkur Ke Tepi

Menurut SNI 1729-2015 pada pasal J3.4 Tabel J3.4M jarak tepi minimum untuk baut diamete 16 mm adalah 22 mm maka :

Jarak Baut Tepi > 22 mm

$$43,766 \text{ mm} > 22,000 \text{ mm} \text{-----} \text{Ok}$$

Jarak Sepasi minimum baut

Menurut SNI 1729-2015 pada pasal J3.3 jarak spasi minimum adalah tidak boleh kurang dari 2 2/3 kali diameter nominal, d, dari pengencang, atau 3d yang lebih banyak digunakan.

Spasi munimum > 3d

$$156,234 \text{ mm} > 3 \times 16,000 \text{ mm}$$

$$156,234 \text{ mm} > 48,000 \text{ mm} \text{-----} \text{Ok}$$

Kekuatan Tumpu Pada Lubang Lubang Baut

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t \times F_u \leq 2,4 \times d \times t \times F_u \text{----- SNI 1729-2015 Pasal J3.10}$$

Dimana :

F_u = Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material yang disambung

d = Diameter Baut Nominal

l_c = Jarak bersih, dalam arah dari gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari material.

t = ketebalan dari material yang disambung

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \times l_c \times t \times F_u \\ &= 1,20 \times 35,8 \times 12,00 \times 415,00 \\ &= 213737,62 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_u &= 2,4 \times d \times t \times F_u \\ &= 2,40 \times 16 \times 12,00 \times 415,00 \\ &= 191232,00 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$R_u \geq \Phi \cdot R_n$$

$$191232,00 \text{ N} \geq 0,75 \times R_n$$

$$191232,00 \text{ N} \geq 0,75 \times 213737,62 \text{ N}$$

$$191232,00 \text{ N} \geq 160303,21 \text{ N} \text{ ----- Ok}$$

Perencanaan Sambungan Las

Dasar Desain $\Phi \cdot R_n$ dan kekuatan yang diizinkan R_n/Ω

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

Direncanakan :

- Tegangan Tarik Logam Dasar (F_u) = 415 MPa
- Logam pengisi menggunakan type 70
- Tegangan Tarik Logam Las (F_{uw}) = 485 MPa

Batas Minimum Tebal Las

- Baja Penyangga Ball Joint
 - Diameter (\emptyset) Luar = 303,40 mm
 - Diameter (\emptyset) Dalam = 291,40 mm
 - Wall Thickness (t) = 6,00 mm

Tabel 4.15 Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari bagian paling tipis yang tersambung, in (mm)	Ukuran minimum las sudut ^[a] 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 :

- Baja Penyangga Ball Joint = 3,00 mm

Ukuran maksimum tebal las sudut

- Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 1/4". (6,00 mm), tidak lebih besar dari ketebalan material.
- 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 :

- Baja Penyangga Ball Joint

Tebal Profil 6,00 mm = 1/4 " (6,00 mm)

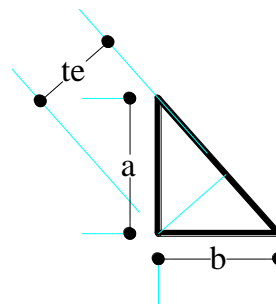
Maka ketebalan maksimal las adalah = 6,000 mm

Panjang Kaki (a)

Direncanakan panjang kaki

- Panjang Kaki (a) = 10,000 mm
- Panjang Kaki (b) = 6,000 mm

$$\begin{aligned} te &= \frac{a \cdot b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \\ &= \frac{10,000 \times 6,000}{\sqrt{10,00^2 + 6,00^2}} \\ &= 5,145 \text{ mm} \end{aligned}$$



Syarat tebal las sudut yang ijin :

Tebal Minimum < a < Tebal Maksimum

$$3,00 \text{ mm} < 5,145 < 6,000 \text{ mm} \text{ ----- Ok}$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{Panjang las Minimum} &= 4 \times \text{Ukuran Las nominal} \\ &= 4 \times 6,00 \\ &= 24,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat Rencana Persatuan Panjang las sudut

Untuk logam pengisi (*Las*)

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times te \times (0,6 \times Fuw) \dots\dots\dots (2.6.3-10) \\ &= 0,75 \times 5,145 \times 0,60 \times 485,00 \\ &= 1122,89 \text{ N/mm} \\ &= 112,289 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

Untuk logam dasar (*Plat Penyambung*) kuat runtuh geser plat.

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times te \times (0,6 \times Fu) \dots\dots\dots (2.6.3-11) \\ &= 0,75 \times 6,000 \times 0,60 \times 415,00 \\ &= 1120,50 \text{ N/mm} \\ &= 112,050 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan :

Akibat gaya Geser.

Akibat gaya tarik.

$$\begin{aligned}Lw &= \frac{Vu}{\Phi.Rnw} & Lw &= \frac{Tu}{\Phi.Rnw} \dots\dots\dots (2.6.3-12) \\ &= \frac{11600,000}{112,289} & &= \frac{7200,000}{112,289} \\ &= 103,305 \text{ mm} & &= 64,120 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas Efektif Las (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.

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Throat Efektif} \times \text{Panjang Efektif} \\ &= 5,145 \times 103,305 \\ &= 531,501 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas Penampang Penyambung :

$$\begin{aligned}A_{BM} &= \text{Tebal} \times \text{Panjang Efektif} \\ &= 6,000 \times 103,305 \\ &= 619,831 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kekuatan Las

- Kekuatan las Untuk Logam dasar

$$\begin{aligned}Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 415,00 \times 619,831 \\ &= 257229,80 \text{ N} \\ &= \mathbf{25722,98 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

- Kekuatan las Untuk Logam las

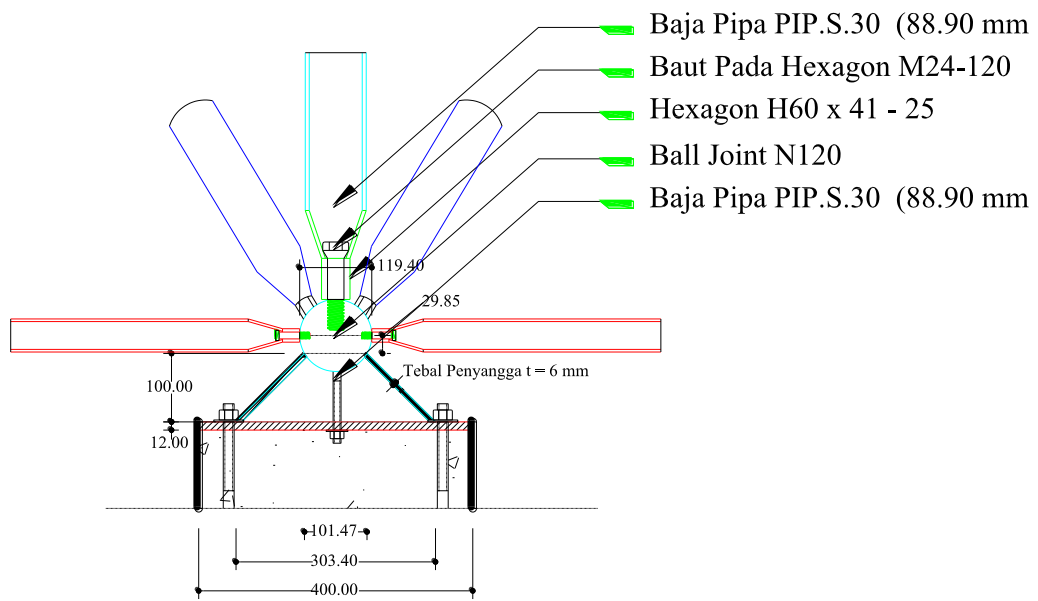
$$\begin{aligned}Rn &= F_{nw} \times A_{we} \\ &= 485,00 \times 531,501 \\ &= 257777,78 \text{ N} \\ &= \mathbf{25777,78 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain las :

$$\begin{aligned}Ru &\leq \phi \cdot Rn \\ Pu &\leq 0,75 \times Rn \\ 11600,000 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 25722,980 \text{ Kg} \\ 11600,000 \text{ Kg} &\leq 19292,235 \text{ Kg} \text{ -----} \mathbf{Ok}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain las :

$$\begin{aligned}Ru &\leq \phi \cdot Rn \\ Ru &\leq 0,75 \times Rn \\ 11600,000 \text{ Kg} &\leq 0,75 \times 25777,778 \text{ Kg} \\ 11600,000 \text{ Kg} &\leq 19333,333 \text{ Kg} \text{ -----} \mathbf{Ok}\end{aligned}$$



Gambar 4.7 Detail Base Plate

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil Redesign Struktur Atas (*Upper Structure*) Hanggar pesawat Pada Bandar Udara Sepinggang Balikpapan Kalimantan Timur dengan Menggunakan Struktur Ruang (*Space Truss*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Baja pipa yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur hanggar pesawat bandar udara Sepinggang Balikpapan Kalimantan 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 : 1601 Buah batang
- Jumlah Joint/Simpul : 6144 joint

Dimensi yang digunakan :

a. Baja pipa PIP.S.15 (48.30 mm) dengan dimensi sebagai berikut :

- Diameter Luar ($\emptyset OD$) : 48.30 mm
- Diameter Dalam ($\emptyset ID$) : 40.90 mm
- Ketebalan : 3.98 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.15 memiliki panjang 50.00 mm dengan ketebal 3.68 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 $H_{40 \times 24-17}$, dan untuk dimensi Hexagon pada property PIP.S.30 menggunakan $H_{60 \times 41-25}$.
 - Dimensi baut yang digunakan adalah M.10 untuk Hexagon $H_{25 \times 17-11}$, M.16 untuk hexagon $H_{60 \times 41-25}$, dan M.24 untuk hexagon $H_{60 \times 41-25}$.
 - Dimensi ball joint yang digunakan adalah type N.120 (119.40 mm), dan menggunakan type N.150 (151.00 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 400,00 mm x 400,00 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° agar dimensi ball joint lebih efisien, pada saat pemasangan tidak perlu membesarkan ball joinya.
4. Penggunaan connection dapat di coba dengan jenis conection selain merro sistem agar dapat mengetahui mana yang lebih efisien dalam perencanaan.
5. Perkembangan di bidang konstruksi atap rangka ruang di indonesia, menurut penyusun masih belum cukup dikenal, sehingga masih perlu dikembangkan dan di kenalkan untuk penggunaan struktur Space truss di indonesia yang dapat dijadikan alternatif bentuk struktur.

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 Akrindo.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Ebadi Mehdi¹, Davoodi Mohammadreza². 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.

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.

G S Ramaswamy, G R Suresh dkk. 2002. "*Analysis, Design and Contruction of Steel Space Frames*". London. Thomas Telford.

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.