

SKRIPSI

REDESIGN STRUKTUR ATAP DENGAN MODEL SPACE TRUSS (RANGKA RUANG) PADA STADION JEMBER SPORT GARDEN.



Di Susun Oleh :

FAJARIA DEWI KURNIA

11.21.040

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

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**REDESIGN STRUKTUR ATAP DENGAN MODEL SPACE TRUSS
(RANGKA RUANG) PADA STADION JEMBER SPORT GARDEN**

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

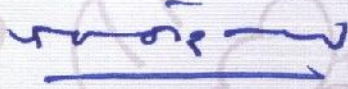
**Disusun Oleh :
FAJARIA DEWI KURNIA**

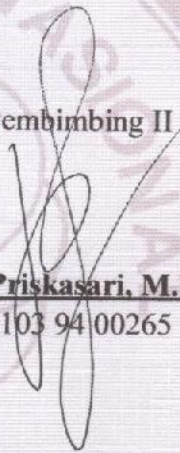
11.21.040

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc
NIP. Y. 101 83 00054


Ir. Ester Priskasari, M.T
NIP. Y. 103 94 00265

Mengetahui:

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang**


Ir. A. Agus Santosa, M.T
NIP. Y. 101 87 00155

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

2015

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**REDESIGN STRUKTUR ATAP DENGAN MODEL SPACE TRUSS
(RANGKA RUANG) PADA STADION JEMBER SPORT GARDEN**

*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 :

FAJARIA DEWI KURNIA

11.21.040

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 85 00093

Ir. A. Agus Santosa, M.T
NIP. Y. 101 87 00155

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

2015

“Redesign Struktur Atap Dengan Model Space Truss (Rangka Ruang) Pada Stadion Jember Sport Garden.” Oleh: Fajaria Dewi Kurnia (NIM: 11.21.040), Pembimbing I: Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc. Pembimbing II: Ir. Ester Priskasari, M.T. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Bangunan bentang lebar merupakan bangunan yang memungkinkan penggunaan ruang bebas kolom yang selebar dan sepanjang mungkin. Guna dan fungsi bangunan bentang lebar dipergunakan untuk kegiatan-kegiatan yang membutuhkan ruang bebas kolom yang cukup besar, seperti untuk kegiatan olah raga berupa stadion, auditorium, exhibition. Dengan mempertimbangkan segala aspek tersebut maka direncanakan dengan menggunakan sistem space truss. Space truss adalah adalah struktur rangka tiga dimensi. Space truss dapat digunakan untuk konstruksi yang berbentang besar dengan mendukung beberapa interior.

Kajian ini menggunakan data perencanaan Stadion Jember Sport Garden, dengan bentang atap 35.00 m dan panjang atap 120.00 mdengan menggunakan struktur baja. Perencanaan Struktur disesuaikan dengan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1729-2015. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan program bantu Staad Pro V8i 2007.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan ulang ini adalah struktur menggunakan baja pipa $\varnothing 48.26$ mm, $\varnothing 73.00$ mm, $\varnothing 141.30$ mm, dengan dimensi sambungan mero system yang digunakan: panjang conus 50 mm, 70 mm, dan 100 mm, untuk tebal conus disesuaikan dengan tebal pipa baja yaitu tebal 3.56 mm, 5.16 mm, dan 6.55 mm, Hexagon yang digunakan H_{25 x 17 - 11}, H_{40 x 24 - 17}, H_{75 x 51 - 32}, dimensi baut yang digunakan M_{10 x 50}, M_{16 x 80}, M_{30 x 150}, dengan ball joint menggunakan type N.120 dan N.150, untuk sambungan las digunakan panjang las sepanjang keliling pipa, dengan panjang te = 5.11 mm . Base Plate menggunakan ukuran 200 x 200 mm dengan ketebalan 15.00 mm dan jumlah angkur 6 buah berdiameter 16.00 mm

Kata kunci: Las, Mero System, dan Space truss

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya untuk Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan taufiqnya-Nya, sehingga dapat diselesaikannya Skripsi ini dengan tepat waktu dengan judul **“REDESAIN STRUKTUR ATAP DENGAN MODEL SPACE TRUSS (RANGKA RUANG) PADA STADION JEMBER SPORT GARDEN”**. 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. H. Sudirman Indra, M.Sc*** dan Ibu ***Ir. Ester Priskasari, MT*** selaku dosen pembimbing Skripsi dan tak lupa juga pada kesempatan ini penyusun ucapkan terimakasih kepada :

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

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

Malang, 08 September 2015
Penyusun,

Fajaria Dewi Kurnia
NIM. 11.21.040

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN | iii |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | iv |
| ABSTRAKSI | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR NOTASI | xvi |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah | 5 |
| 1.4 Tujuan | 5 |
| 1.5 Manfaat | 5 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | |
| 2.1 Definisi Space Frame | 7 |
| 2.2 Pembebanan Struktur | 9 |
| 2.3 Ketentuan Umum | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.1 Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan | 21 |
| 2.3.2 Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin | 22 |
| 2.3.3 Desain Ketebalan Dinding Desain PSB | 22 |
| 2.4 Persyaratan Desain (Luas Efektif) | 23 |
| 2.5 Desain Batang | 24 |
| 2.5.1 Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik | 24 |
| 2.5.2 Desain Kekuatan Tekan | 26 |
| 2.6 Sambungan Mero Sistem | 29 |
| 2.6.1 Umum | 29 |
| 2.6.2 Konus dan Tebal Konus | 34 |
| 2.6.3 Hexagon (<i>Hexnut</i>) | 35 |
| 2.6.4 Diameter, Tebal, dan Panjang Baut | 36 |
| 2.6.5 Diameter dari Ball Joint | 40 |
| 2.7 Sambungan Las | 43 |
| 2.7.1 Luas Efektif | 43 |
| 2.7.2 Pembatasan | 44 |
| 2.7.3 Kekuatan | 47 |
| 2.8 Base Plate | 51 |
| 2.8.1 Pembagian Kategori | 51 |
| 2.8.2 Perhitungan Angkur | 55 |
| 2.9 Bagan Alir | 57 |

BAB III PERENCANAAN STRUKTUR

| | |
|---|----|
| 3.1 Data Perencanaan | 59 |
| 3.2 Perencanaan Pembebanan | 59 |
| 3.2.1 Beban Mati | 61 |
| 3.2.2 Beban Hidup | 62 |
| 3.2.3 Beban Air Hujan | 64 |
| 3.2.4 Beban Angin | 65 |
| 3.2.5 Kombinasi Pembebanan | 70 |
| 3.2.6 Analisa Gording | 72 |
| 3.2.7 Pembebanan pada joint | 82 |
| 3.3 Perencanaan Dimensi Batang | 87 |
| 3.3.1 Perencanaan Batang Baja Pipa | 87 |
| 3.3.2 Analisa Statika | 88 |
| 3.4 Desain Komponen Struktur | 89 |
| 3.4.1 Desain Komponen Struktur Tarik pada Properti PIPS15 | 89 |
| 3.4.2 Desain Komponen Stuktur Tekan pada Properti PIPS15 | 90 |
| 3.4.3 Desain Komponen Struktur Tarik pada Properti PIPS25 | 93 |
| 3.4.4 Desain Komponen Stuktur Tekan pada Properti PIPS25 | 94 |
| 3.4.5 Desain Komponen Struktur Tarik pada Properti PIPS50 | 97 |
| 3.4.6 Desain Komponen Stuktur Tekan pada Properti PIPS50 | 98 |

BAB IV ANALISA SAMBUNGAN

| | |
|--|-----|
| 4.1 Analisa Sambungan Mero Sistem | 102 |
| 4.1.1 Perencanaan Hexagon | 102 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.2 Perencanaan Conus | 106 |
| 4.1.3 Perencanaan Baut | 110 |
| 4.1.4 Perencanaan Bola Baja | 115 |
| 4.2 Analisa Perletakan Gording | 117 |
| 4.3 Sambungan Gording Menerus | 123 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan | 149 |
| 5.2 Saran | 152 |
| DAFTAR PUSTAKA | 153 |
| LAMPIRAN | 155 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa dan Es | 13 |
| Tabel 2.1 | Faktor Arah Angin, Kd | 15 |
| Tabel 2.3 | Koefisien tekanan Internal, (GCpl) | 17 |
| Tabel 2.4 | Koefisien Eksposur Tekan Velositas, Kh dan Kz | 18 |
| Tabel 2.5 | Tipe Sambungan dengan menggunakan Noda | 30 |
| Table 2.6 | Tipe Sambungan Tanpa Noda | 32 |
| Tabel 2.7 | Sambungan dengan menggunakan Fabrikasi | 32 |
| Tabel 2.8 | Sistem Sambungan yang Umum Digunakan | 33 |
| Tabel 2.9 | Kekuatan Nominal Baut per satuan Luas | 38 |
| Tabel 2.10 | Pratarik Baut Minimum, kN | 39 |
| Tabel 2.11 | Ukuran Baut dari ASTM 325 dan ASTM 490 | 39 |
| Tabel 2.12 | Ukuran Minimum Las Sudut | 44 |
| Tabel 2.13 | Kekuatan Tersedia dari Joint dilas, ksi (MPa) | 48 |
| Tabel 2.14 | Tipe Elektroda | 50 |
| Tabel 3.1 | Maksimum Support Spacings (mm) | 60 |
| Tabel 3.2 | Masses Zincalume Lyzaght Klip-Lok 700 | 60 |
| Tabel 3.3 | Kategori Risiko Bangunan gedung | 65 |
| Tabel 3.4 | Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi | 66 |
| Tabel 3.5 | Faktor arah angin (Kd) | 66 |
| Tabel 3.6 | Koefisien Tekanan Internal, (GCpi) | 67 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Tabel 3.7 | Koefisien eksposur tekanan angin untuk angin pergi | 68 |
| Tabel 3.8 | Hasil perhitungan tekanan angin | 69 |
| Tabel 3.9 | Hasil perhitungan tekanan angin x jarak gording | 69 |
| Tabel 3.10 | Beban yang terjadi pada gording | 70 |
| Tabel 3.11 | Penguraian Gaya pada Gording Atap | 71 |
| Tabel 3.12 | Nilai momen dan lendutan gording atap | 79 |
| Tabel 3.13 | Hasil perhitungan tekanan angin akibat luasan tributari | 83 |
| Tabel 3.14 | Gaya Normal pada batang | 88 |
| Tabel 3.15 | Kontrol Dimensi Batang | 101 |
| Tabel 4.1 | Dimensi Diameter Conus pada Hexagon | 107 |
| Tabel 4.2 | Dimensi Conus yang digunakan | 110 |
| Tabel 4.3 | Dimensi Baut | 115 |
| Tabel 4.4 | Keterangan Beam pada Node 2366 | 116 |
| Tabel 4.5 | Gaya untuk mendesain tumpuan gording | 118 |
| Tabel 4.6 | Gaya yang terjadi pada gording atap no.2 | 123 |
| Tabel 4.7 | Ukuran Minimum Las Sudut | 129 |
| Tabel 4.8 | Reaksi Maksimum dan Minimum yang terjadi | 134 |
| Tabel 4.9 | Ukuran Minimum Las Sudut | 144 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 2.1 Space Frame dan connector | 8 |
| Gambar 2.2 Detail Batang | 34 |
| Gambar 2.3 Baut, Hexagon (Hexnut) dan Conus | 34 |
| Gambar 2.4 Ukuran baut berdasarkan ASTM 325 dan ASTM 490 | 40 |
| Gambar 2.5 Sambungan MERO konektor | 42 |
| Gambar 2.6 Bagian Conus, Hexagon (Hexnut) dan Baut | 43 |
| Gambar 2.7 Base Plate dengan Gaya Aksial dan Gaya Geser (tampak atas) . | 55 |
| Gambar 3.1 Luas tributari | 62 |
| Gambar 3.2 Penguraian beban pada atap | 70 |
| Gambar 3.3 Gambar bidang momen pada Gording | 72 |
| Gambar 3.4 Lendutan pada gording | 72 |
| Gambar 3.5 Letak area tributari atap | 82 |
| Gambar 3.6 Ukuran baut berdasarkan ASTM 325 & ASTM 490 | 85 |
| Gambar 4.1 Penomoran batang pada Node 2366 | 115 |
| Gambar 4.2 Arah Penguraian gaya | 117 |
| Gambar 4.3 Detail Tumpuan Gording | 122 |
| Gambar 4.4 Nomor joint dan beam | 125 |
| Gambar 4.5 Penampang Base Plate dan Notasi | 136 |
| Gambar 4.6 Penempatan Angkur pada Base Plate | 142 |
| Gambar 4.7 Potongan Base Plate | 148 |

DAFTAR NOTASI

- A = Luas Bidang Tekan
- 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 da
- A_b = Luas Penampang Angkur, Mm^2
- A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.^2 (mm^2)
- A_{BM} = Luas penampang logam dasar dasar, in.^2 (mm^2)
- A_e = Luas Neto Efektif, in.^2 (mm^2)
- A_g = Luas Bruto dari komponen Struktur, in.^2 (mm^2)
- A_{og} = Luas total bukaan pada amplop bangunan gedung (dinding-dinding dan atap, dalam ft^2)
- AT = luas tributari dalam ft^2 (m^2) yang didukung oleh setiap komponen struktural
- A_{we} = Luas efektif las, in.^2 (mm^2)
- A_{wei} = luas efektif throat las dari setiap elemen las i th, in.^2 (mm^2)
- B = Lebar Base Plate
- b_f = Lebar Sayap /flens kolom
- C = diambil dari nilai terbesar antara m , n , dan n'
- C_N = Koefisien tekanan neto ditentukan dari *Gambar 27.4-4, 27.4-2 sampai 27.4-7 SNI 1727-2013*

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

D = diameter (mm)

d = Tinggi kolom

d_1, d_2 = diameter dari baut1 dan baut2 (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)

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)

E = beban gempa

E = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa)

f = jarak angkur kesumbu base plate dan sumbu kolom

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

f_c = Mutu kuat tekan beton Mpa

F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)

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

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

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

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

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

- F_{nwx} = Komponen-x dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (Mpa)
- F_{nwy} = komponen-y dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (Mpa)
- F_p = tegangan tumpu yang timbul pada permukaan beton, Mpa
- F_t = Kuat Tarik Nominal Angkur, MPa
- f_u = Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)
- F_v = Kuat Geser Nominal Angkur, MPa
- F_v = Tegangan Geser Yang Terjadi Pada Angkur = $\frac{V_u b}{A_b}$
- F_y = tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa)
- G = Faktor efek-tiupan angin, lihat *Pasal 26.9 SNI 1727-2013* dapat diambil (0.85)
- H = beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah atau tekanan dari material dalam jumlah besar.
- H_1 = Hexagon Hole (diambil dari tabel)
- I = Panjang sambungan, in (mm)
- K = Faktor panjang efektif
- K_d = Faktor Arah angin
- K_z = Koefisien Eksposur tekanan velositas
- K_{zt} = faktor topografi tertentu
- 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 = panjang Aktual las yang di bebani ujungnya, in. (mm)
- L = Panjang batang tekuk
- L = panjang sambungan dalam arah pembebanan (mm)
- 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).
- L_r = beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak
- L_r = beban hidup atap tereduksi per ft^2 (m^2) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur.
- M_n = Momen Nominal Base Plate, N.mm
- M_p = Momen Lentur Dari Base Plate, N.mm
- M_{pl} = Momen Lentur Tervaktor Yang Terjadi Pada Base Plate, N.mm
- N = Jumlah Angkur
- N = Panjang Base Plate
- N' = panjang kantilever base plate dari muka kolom flens atau web berdasarkan teori garis leleh = $\sqrt{\frac{d \cdot b_f}{4}}$
- ϕ = Faktor Tahanan Pada Angkur = 0.75
- ϕ_c = 0.6
- ϕ = Factor ketahanan, di syatkan dalam bab B sampai Bab K
- P = Gaya tekan batang
- P_i = Δ_i / Δ_{mi} rasio deformasi elemen i, terhadap deformasi pada tegangan maksimum

- P_n = Tegangan nominal aksial, ksi (MPa)
- ϕR_n = Kekuatan desain
- Q_h = tekanan velositas di hitung menggunakan persamaan (2.2-4) pada ketinggian atap rata-rata h
- 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 angin di lokasi.
- Q_z = tekanan velositas di hitung dengan persamaan (2.2-4) pada ketinggian z
- R = Beban Air hujan pada atap yang tidak melendut , dalam lb/ft² (kN/m²).
- r = Radius girasi atau jari – jari girasi
- R_a = kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI
- 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)
- R_n = Kekuatan nominal, di syatkan 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
- R_n/Ω = kekuatan izin
- 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)

- R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
- Ru = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
- T_{ub} = Gaya Tarik Terfaktor Pada Angkur, N
- V = kecepatan angin dasar
- V_i = Volume Internal ruang tanpa partisi, dalam ft^3
- V_{ub} = Gaya Geser Tervaktor Pada Angkur, N
- W = beban angin
- W = ukuran dari kaki las, in. (mm)
- W_r = Wrech (diambil dari tabel)
- x = Eksentrisitas sambungan, in (mm)
- x_i = Komponen x dari r_i
- y_i = komponen y dari r_i
- Δ_i = deformasi elemen las i di level tegangan menengah, secara linear di proporsikan ke deformasi kritis berdasarkan jarak dari pusat rotasi seketika, r_i , in. (mm)
- $\Delta_{mi} = 0.209.(\theta_i + 2)^{-0.32}W$, 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} = deformasi elemen las i di tegangan ultimit (runtuh), in.(mm)
- θ = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat
- θ_i = sudut antara sumbu longitudinal dari elemen i dan arah gaya resultan yang bekerja pada elemen, derajat

Φ = faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K

Φ = besar sudut terkecil yang dibentuk dari 2 baut (rad)

ΦR_n = kekuatan desain

Ω = faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K

ξ, η = ditentukan dari nilai tarik atau kekuatan tekanan baut

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bangunan bentang lebar merupakan bangunan yang memungkinkan penggunaan ruang bebas kolom yang selebar dan sepanjang mungkin. Bangunan bentang lebar secara umum terdiri dari 2 yaitu bentang lebar sederhana dan bentang lebar kompleks. Bentang lebar sederhana berarti bahwa konstruksi bentang lebar yang ada dipergunakan langsung pada bangunan berdasarkan teori dasar dan tidak dilakukan modifikasi pada bentuk yang ada. Sedangkan bentang lebar kompleks merupakan bentuk struktur bentang lebar yang melakukan modifikasi dari bentuk dasar, bahkan kadang dilakukan penggabungan terhadap beberapa sistem struktur bentang lebar.

Guna dan fungsi bangunan bentang lebar dipergunakan untuk kegiatan-kegiatan yang membutuhkan ruang bebas kolom yang cukup besar, seperti untuk kegiatan olah raga berupa gedung stadion, pertunjukan berupa gedung pertunjukan, auditorium dan kegiatan pameran atau gedung exhibition.

Struktur bentang lebar, memiliki tingkat kerumitan yang berbeda satu dengan lainnya. Kerumitan yang timbul dipengaruhi oleh gaya yang terjadi pada struktur tersebut.

Dalam Schodek 1998, struktur bentang lebar dibagi ke dalam beberapa sistem struktur yaitu :

1. Struktur Rangka Batang dan Rangka Ruang.
2. Struktur Furnicular, yaitu kabel dan pelengkung

3. Struktur Plan dan Grid

4. Struktur Membran meliputi Pneumatik dan struktur tent (tenda) dan net (jarring)

5. Struktur Cangkang

Sedangkan Sutrisno 1989, membagi ke dalam 2 bagian yaitu :

- Struktur ruang, yang terdiri atas :
 - ✓ Konstruksi bangunan petak (Struktur rangka batang)
 - ✓ Struktur rangka ruang
- Struktur permukaan bidang, terdiri atas :
 - ✓ Struktur Lipatan
 - ✓ Struktur Cangkang
 - ✓ Membran dan Struktur Membran
 - ✓ Struktur Pneumatik
- Struktur Kabel dan Jaringan

Space Truss System (rangka batang ruang) merupakan susunan elemen-elemen linear yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga yang secara keseluruhan membentuk volume 3 dimensi (ruang). Sering disebut juga sebagai *space truss*.

Space truss atau sistem rangka ruang adalah sistem struktur rangka tiga dimensi yang membentang dua arah, di mana batang-batanganya hanya mengalami gaya tekan atau tarik saja. Sistem tersebut merupakan salah satu perkembangan sistem struktur batang.

Struktur rangka ruang merupakan susunan modul yang diatur dan disusun berbalikan antara modul satu dengan modul lainnya sehingga gaya-gaya yang terjadi menjalar mengikuti modul-modul yang tersusun. Modul ini satu sama lain saling mengatkan, sehingga sistem struktur ini tidak mudah goyah.

Space truss adalah adalah struktur rangka tiga dimensi yang dibentuk dari struts dalam geometris polara. *Space truss* dapat digunakan untuk konstruksi yang berbentuk 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 strut masing-masing.

Bentuk paling sederhana dari portal ruang merupakan lempengan horizontal berupa piramida-piramida dibangun dari aluminium atau tabung baja struts. Dalam banyak hal ini terlihat seperti jib horizontal dari menara derek berulang untuk membuatnya lebih luas. Bentuk murni kuat terdiri dari *interlocking piramida tetrahedral* di mana semua strut memiliki satuan panjang. lebih teknis ini disebut sebagai vektor isotropik matriks atau lebar unit tunggal sebuah *octet truss*. variasi yang lebih kompleks mengubah panjang dari strut untuk kurva struktur keseluruhan atau dapat menggabungkan bentuk geometris lainnya.

Kelebihan Struktur *Space truss*

a. Ringan

Beban akibat berat struktur sendiri kecil karena terbuat dari pipa galvanis atau aluminium.

b. Fabrikasi

Elemen-elemen strukturnya merupakan produk pabrik. Sehingga bentuk dan ukurannya seragam dan persisi.

c. Hemat tenaga kerja

Pekerjaan yang dibutuhkan hanya perakitan elemen struktur dan pemasangan, sehingga tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak.

d. Hemat material struktur

Material struktur yang dipakai hanya kolom pada ujung-ujung saja.

e. Estetis

Bentuk strukturnya indah dan memiliki unsur estetika.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas penulis mengambil judul **“REDESAIN STRUKTUR ATAP DENGAN MODEL *SPACE TRUSS* (RANGKA RUANG) PADA STADION JEMBER SPORT GARDEN.”**

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Berapa dimensi baja pipa yang dibutuhkan pada struktur atap *space truss* dari stadion Jember Sport Garden?
2. Berapa dimensi Conus, Hexagon (*Hexnut*) dan baut yang digunakan dalam sambungan Mero Sistem?
3. Berapa kekuatan sambungan mero sistem yang digunakan pada struktur atap *space truss* ?
4. Berapa tebal dan panjang sambungan las yang akan digunakan?

5. Berapakah dimensi Plat landasan (*Base Plate*) yang akan digunakan dalam mendesain struktur atap stadion Jember Sport Garden?

1.3. Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang terpapar di atas diperoleh gambaran permasalahan yang cukup luas. Namun menyadari akan adanya keterbatasan waktu dan kemampuan, maka peneliti memandang perlu memberi batasan masalah secara jelas dan terfokus. Adapun batasan masalah dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan dimensi rangka ruang yang dibutuhkan.
2. Perhitungan dimensi conus, Hexagon (*Hexnut*) dan baut.
3. Perhitungan kekuatan sambungan pada setiap simpul
4. Perhitungan tebal dan panjang las pada sambungan yang akan digunakan.
5. Perhitungan dimensi plat landasan (*Base Plate*) yang diperlukan.

1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin diketahui dalam penelitian ini adalah:

1. Merencanakan dimensi baja pipa pada struktur atap model *space truss* yang diaplikasikan pada stadion Jember Sport Garden.
2. Mengetahui dimensi conus, Hexagon (*Hexnut*) dan baut yang aman digunakan dalam sambungan Mero system pada struktur ruang (*Space truss*) stadion Jember Sport Garden.

3. Mengetahui kekuatan sambungan mero yang digunakan pada struktur atap model *space truss* ini
4. Mengetahui tebal dan panjang sambungan las yang akan digunakan.
5. Mengetahui dimensi plat landasan (*Base Plate*) yang dibutuhkan.

1.5. Manfaat

Beberapa manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

1. Bagi peneliti

Mengetahui perencanaan struktur atap baja dengan penggunaan *space truss* (rangka ruang baja pipa) pada bangunan bentang lebar.

2. Bagi akademisi

Memberi wawasan atau pengetahuan dalam bidang struktur khususnya dalam penggunaan *space truss* pada bangunan bentang lebar.

3. Bagi umum

Memberikan referensi tentang perhitungan struktur atap *space truss* pada bangunan bentang lebar.

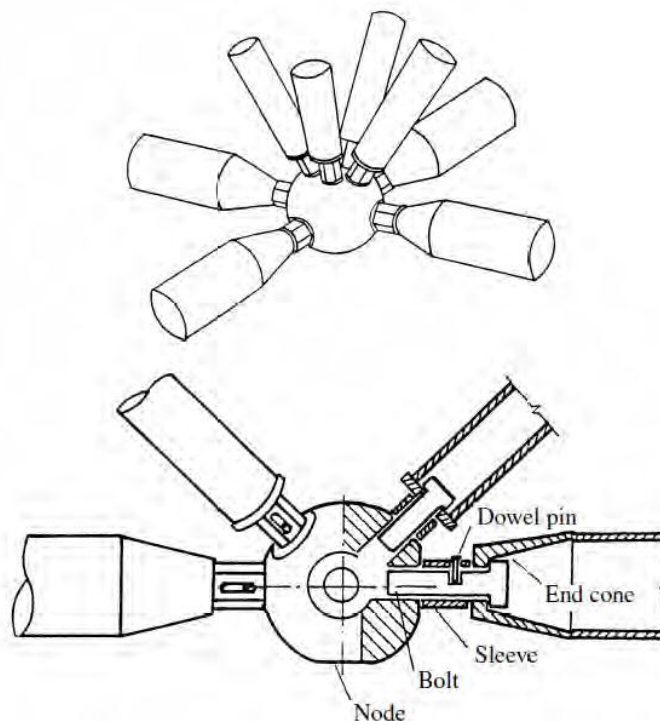
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Definisi *Space Truss*

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*. 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 noda berbentuk bola pejal dan batang HSS (*Hollow Structural Section*) ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *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. Ketika beban yang didistribusikan hanya berupa beban aksial, *circular hollow sections* dan *rectangular hollow sections* lebih banyak digunakan karena lebih efisien, memiliki jari- jari girasi yang lebih tinggi untuk area yang sama.

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 truss* dan beban mati tambahan), beban hidup (penonton), beban angin dan beban gempa.

Beban – beban yang bekerja secara detail dijabarkan sebagai berikut :

1. Beban Mati

Menurut *SNI 1727-2013 Pasal 3 hal 15 dari 195*, Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, 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 yang berupa:

- Berat penutup atap
- *Ball Joint, Conus, hexagon (Hexnut)*, baut.
- Gording Primer dan Sekunder
- Struktur rangka baja
- *Mecanical* dan *electrical*
- Lampu Spot Light

2. Beban Hidup

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

Beban hidup yang 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 hal 25 dari 195*.

Lantai, atap, dan permukaan sejenisnya harus dirancang untuk mendukung dengan aman beban hidup terdistribusi merata yang ditentukan dalam Pasal 4.3 atau beban terpusat, dalam pound (*lb*) atau kilonewton (*kN*) yang tercantum dalam Tabel 4-1, 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.

Atap datar, berbubung, dan atap lengkung.

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 4.8-1 (*beban hidup atap yang di distribusi sesuai dengan Tabel 4-1*) 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 kN/m²).

$$L_r = L_0 \cdot R_1 \cdot R_2 \text{ dimana } 12 \leq L_r \leq 20 \dots\dots\dots (2.2-1)$$

Dalam SI

$$L_r = L_0 \cdot R_1 \cdot R_2 \text{ dimana } 0.58 \leq L_r \leq 0.96 \dots\dots\dots (2.2-2)$$

Dimana :

L_r = beban hidup atap tereduksi per ft² (m²) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur.

L_0 = beban hidup atap desain tanpa reduksi per ft² (m²) dari proyeksi horizontal yang ditumpu oleh komponen struktur (lihat Tabel 4-1).

Faktor reduksi R1 dan R2 harus di tentukan sebagai berikut.

$$I \qquad \qquad \qquad \text{Untuk } A_T \leq 200 \text{ ft}^2$$
$$R_1 = 1.2 - 0.001 A_T \qquad \text{Untuk } 200 \text{ ft}^2 < A_T < 600 \text{ ft}^2$$

$$0.6 \quad \text{Untuk } A_T \geq 600 \text{ ft}^2$$

Dalam SI

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

$$R_1 = 1.2 - 0.005 F \quad \text{Untuk } 4 < F < 12$$

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

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.

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.

$$R = 0.0098 \times (ds + dh) \dots\dots\dots (2.2-3)$$

Dimana :

R = Beban Air hujan pada atap yang tidak melendut , dalam lb/ft² (kN/m²).

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*)

4. Beban angin

- **Menentukan Kategori Resiko**

Faktor kategori resiko mempengaruhi besar kecilnya kategori yang digunakan, sehingga untuk menentukan kategori resiko suatu bangunan dapat ditentukan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1. Kategori Risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, salju, gempa dan es

| Penggunaan atau pemamfaatan 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> | <p>III</p> |
| <p>Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.</p> <p>Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi</p> | <p>IV</p> |

| | |
|---|--|
| masyarakat jika dirilis ^a . | |
| Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya. | |

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 (*Padal* 26.7.3) yang ditentukan sesuai dengan pasal 26.5.1.

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*) dengan besarnya faktor arah angin pada atap lengkung K_d , 0.85.

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, ekspor 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 Ekspour, karena lokasi bangunan merupakan di daerah perkotaan maka kategori yang di gunakan adalah kategori B.

Kategori kekasaran permukaan pada ekspour 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}

$$K_{zt} = (1 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3)^2 \dots\dots\dots (2.2-4)$$

Dimana : K1, K2, K3 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 2.2 berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung. Namun Untuk bangunan tertutup sebagian yang memiliki sebuah ruangan besar tanpa sekat, koefisien tekanan internal, (GC_{pi}), harus dikalikan dengan faktor reduksi, R_i berikut ini :

$$R_i = 0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{22.800 \cdot A_{og}}}} \right) < 1.0 \dots\dots\dots (2.2-5)$$

Di mana :

A_{og} = Luas total bukaan pada amplop bangunan gedung (dinding-dinding dan atap, dalam ft²)

V_i = Volume Internal ruang tanpa partisi, dalam ft³

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 2.3 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 Vesolitas, q_z , di evaluasi pada ketinggian Z harus di hitung dengan persamaan berikut :

$$q_z = 0.00256 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.2-6)$$

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

Dimana :

Kd = Faktor Arah angin

Kz = Koefisien Eksposur tekanan velositas

Kzt = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angin dasar

Qz = tekanan velositas di hitung dengan persamaan (2.2-4) pada ketinggian z

Qh = tekanan velositas di hitung menggunakan persamaan (2.2-4) pada ketinggian atap rata-rata h

• **Beban Angin**

Tekanan desain neto untuk SPBAU dari bangunan gedung terbuka dengan atap miring sepihak, berbubung, atau cekung harus ditentukan oleh persamaan berikut:

$$p = q_h G C_N \dots\dots\dots (2.2-7)$$

Di mana:

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.

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

C_N = Koefisien tekanan neto ditentukan dari *Gambar 27.4-4, 27.4-2 sampai 27.4-7 SNI 1727-2013*

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.

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:

- $1.4D$ (2.2-8)
- $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$ (2.2-9)
- $1.2 + 1.6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + 0.5 (L_r \text{ atau } 0.5W)$ (2.2-10)
- $1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$ (2.2-11)
- $1.2 D + 1.0E + L + 0.25S$ (2.2-12)
- $0.9D + 1.0W$ (2.2-13)
- $0.9D + 1.0E$ (2.2-14)

Di mana:

- D adalah Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafond, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap
- L adalah 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 adalah beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak
- H adalah beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah atau tekanan dari material dalam jumlah besar.
- W adalah beban angin
- E adalah beban gempa

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 ini, harus digunakan

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

Di mana:

- R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
- R_n = kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K
- Φ = faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K
- 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, harus digunakan.

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

Di mana:

- R_a = kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI
- R_n = kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K
- Ω = faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K
- R_n / Ω = kekuatan izin

2.3.3. Desain Ketebalan Dinding Desain PSB

Dalam (SNI 1729 – 2015 Pasal B4 Ayat 2) Desain ketebalan dinding t harus digunakan dalam perhitungan dengan melibatkan ketebalan dinding 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.

2.4. Persyaratan Desain (Luas area efektif)

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

$$A_e = A_x U \dots\dots\dots (2.4-1)$$

Dimana U adalah faktor Shear lag.

Faktor Shear lag dapat di tentukan sebagai berikut :

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

$$I \geq 1.3 D$$

Di mana: I adalah panjang sambungan, in. (mm)

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

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

$$U = 1 - \frac{x}{L} \dots\dots\dots (2.4-2)$$

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

$$x = \frac{D}{\pi} \dots\dots\dots (2.4-3)$$

dimana:

L = panjang sambungan dalam arah pembebanan (mm)

D = diameter terluar dari HSS bulat (mm)

I = Panjang sambungan, in (mm)

x = Eksentrisitas sambungan, in (mm)

2.5. Desain Batang

2.5.1. 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*).

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 leleh, dengan kata lain distribusi tegangan tarik sudah merata pada penampang.

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

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots(2.5.1-1)$$

Dimana :

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

Rn = Kekuatan nominal, di syaratkan dalam bab B sampai Bab K

ϕ = Factor ketahanan, di syaratkan dalam bab B sampai Bab K

ϕRn = 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

$$P_n = F_y \times A_g \dots\dots\dots (2.5.1-2)$$

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

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

$$P_n = F_u \times A_e \dots\dots\dots (2.5.1-3)$$

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

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 plat 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 .

2.5.2. 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.

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots (2.5.2-1)$$

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

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 di sebut 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 , di sebut 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

$$\lambda_p = 0.07 \times \frac{E}{F_y} \dots\dots\dots (2.5.2-2)$$

$$\lambda_r = 0.31 \times \frac{E}{F_y} \dots\dots\dots (2.5.2-3)$$

Di mana:

E = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa)

F_y = tegangan leleh minimum yang di syartkan, ksi (Mpa)

Panjang Efektif

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

$$(K.L)/r < 200 \dots\dots\dots (2.5.2-4)$$

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

$$P_n = A_g \times f_{cr}$$

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

$$a. \text{ Bila } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(\text{atau } \frac{F_y}{F_s} \leq 2.25 \right)$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_s} \right] \cdot F_y \dots \dots \dots (2.5.2-5)$$

$$b. \text{ Bila } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(\text{atau } \frac{F_y}{F_s} > 2.25 \right)$$

$$F_{cr} = 0.877 \cdot F_e \dots \dots \dots (2.4.3-6)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2} \dots \dots \dots (2.4.3-7)$$

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

2.6. Sambungan Mero Sistem

2.6.1. Umum


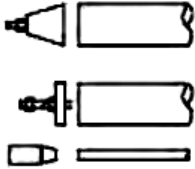


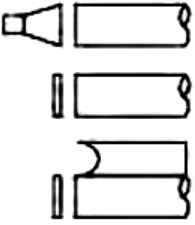





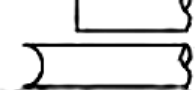


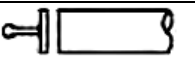

Sambungan adalah bagian yang sangat penting dalam *space truss*. Penggunaan sambungan yang sesuai adalah bagian yang sangat menentukan kesuksesan desain dan konstruksi. Berbagai macam tipe sambungan tergantung pada tipe sambungan, termasuk baut, las atau sambungan konektor mekanik yang khusus. Berbagai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

Sistem sambungan pada *space truss* lebih penting daripada 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.





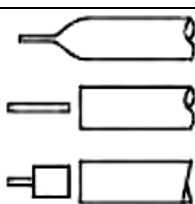

Sampai saat ini, telah ditemukan kurang lebih 250 macam tipe sambungan di seluruh dunia, dan lebih dari 50 perusahaan yang bergerak di bidang sambungan *space truss*. Sayangnya, banyak dari tipe sambungan ini yang tidak sukses karena terlalu rumitnya sistem sambungan ini. Berbagai macam tipe sambungan yang umum digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1, Tabel 2.2, dan Tabel 2.3. Secara umum, tipe sambungan dapat dibedakan menjadi 3:

- a) Dengan noda
- b) Tanpa noda
- c) Sistem fabrikasi khusus


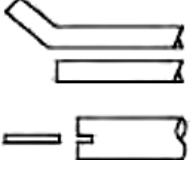


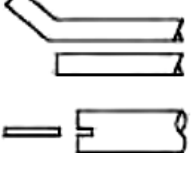








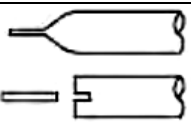


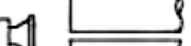

Tabel 2.5. Tipe sambungan dengan menggunakan noda

| 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 |  |  | Oktaplatta, Germany WHSI, China |
| |  Hollow |  |  | Vestrut, Italy |













(a) Tipe sambungan bola

| 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 |

(b) Tipe sambungan silinder


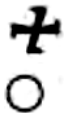
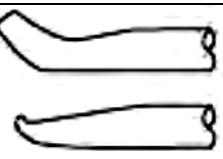
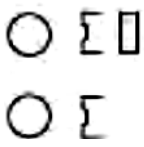
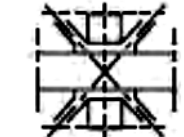

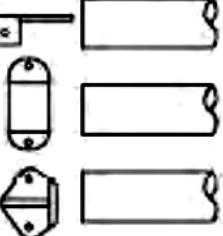

| Node | Connector Member | Cross Section | Examples | |
|---|---|---|--|---|
| Disc |  Flat |  |  | Palc, Spain Power Strut, United States Pieter Huybers, Netherlands |
| |  Flat |  |  | Palc, Spain Power Strut, United States Pieter Huybers, Netherlands |
| |  |  |  | Tridimatec, France |
| |  |  |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

(c) Menggunakan lempengan

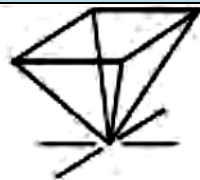
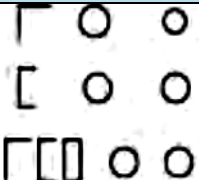
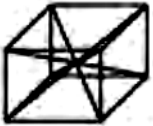


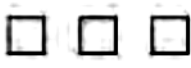
| Node | Connector Member | Cross Section | Examples | |
|-------|---|---|---|-------------------------------------|
| Prism |  Solid |  |  | Montal, Germany Mero BK, Germany |
| |  |  |  | Mero TK and ZK, Germany |
| |  |  |  | Mero NK, Germany |
| |  |  |  | Stterwhite, United States |



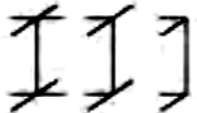

(d) Menggunakan prisma

Tabel 2.6. 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 |
| | Plate (S) |  |  | Mai Sky, United States |
| | Member end |  |  | Pieter Huybers, Netherlands Pierce, United States Buckminster Fuller |

Tabel 2.7 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 Compon |  |  | Ruter, Germany |

| | | | |
|----------------------|---|---|------------------------|
| ents |  |  | Nameless System, Italy |
| 3D Compon ents |  |  | Cubic, United Kingdom |

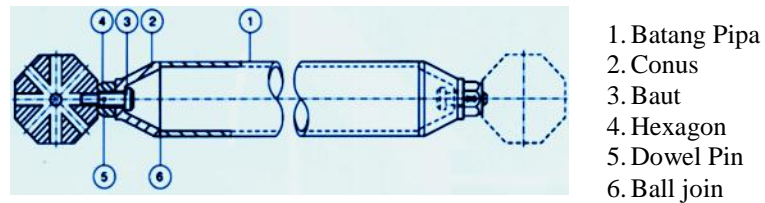
Sistem sambungan yang umum digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.6:

Tabel 2.8. 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 |
| Oktaplatte | 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 (*German, 1942*) menyebutkan bahwa Mero Sistem mempunyai dua elemen dasar sebuah batang dan bola penghubung yang mempunyai delapan belas lubang

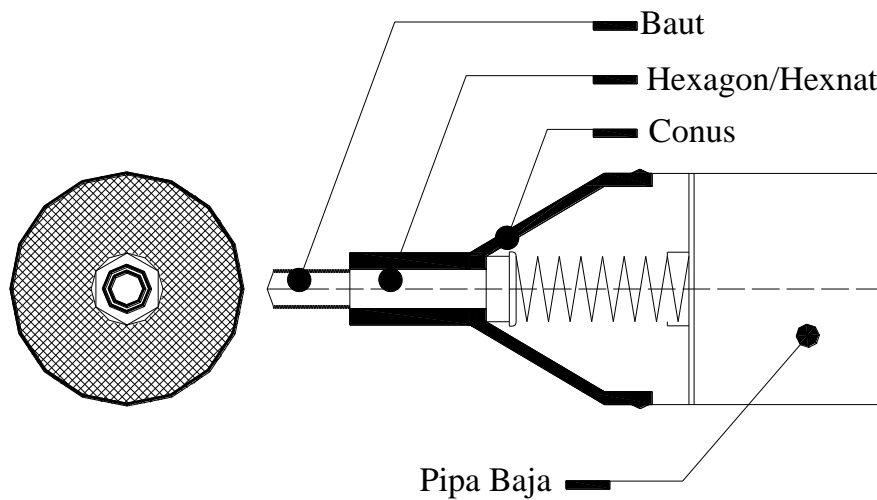
berulir. Mero sistem memiliki perangkat sambungan berupa Conus, Hexagon (Hexnut), baut dan bola baja.



Gambar 2.2 Detail batang

2.6.2. Konus dan tebal konus

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



Gambar 2.3. Baut, Haxagon (Hexnut), dan Conus

Diameter terluar dari konus dapat diambil seperti rumus 2.6.2-1

$$Dc = n * t_3 \dots\dots\dots (2.6.2-1)$$

Di mana:

n = rasio perbandingan diameter konus dan diameter *truss*

Tebal dari konus dapat diambil dengan rumus (2.6.2-2)

$$t_{w_c} = \frac{P_{max}}{f_y} \dots\dots\dots (2.6.2-2)$$

Untuk mempermudah desain tebal konus, maka tebal konus digunakan sebagai kelipatan 0.1.

2.6.3. 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, Hexanut 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 :

$$a = \left[\frac{0,5x \text{ Hex Hole}}{\text{Cos } \theta} \right] \dots\dots\dots (2.6.3-1)$$

$$b = \left[\frac{0,5 \times W_r}{\cos \theta} \right] \dots \dots \dots (2.6.3-2)$$

$$t = \left[\frac{W_{rech} - Hl}{2} \right] \dots \dots \dots (2.6.3-3)$$

$$A = 6 \times \left[\frac{a+b}{2} \right] \times t \dots \dots \dots (2.6.3-4)$$

$$d = b + (t \operatorname{tg} \theta \times 0,5 \times W_r) \times 2 \dots \dots \dots (2.6.3-5)$$

Kapasitas tekan maksimum Hexagon :

$$P = \frac{f_y}{1,5} \times A \dots \dots \dots (2.6.3-6)$$

Kontrol design Hexagon (*Hexnut*)

$$P_{perencanaan} > P_{maks. Tekan} \dots \dots \dots (2.6.3-7)$$

Di mana:

- P = Gaya tekan batang
- W_r = Wrech (diambil dari tabel)
- Hl = Hexagon Hole (diambil dari tabel)
- A = Luas Bidang Tekan

2.6.4. Diameter, Tebal dan Panjang Baut

Baut yang biasa digunakan pada perencanaan sambungan sistem mero merupakan baut berkekuatan tinggi (*High Tensile Bolt-HT Bolt*). Baut mutu tinggi atau baut berkekuatan tinggi tidak diragukan lagi merupakan alat sambung mekanis yang paling banyak digunakan untuk baja struktural. Baut mutu tinggi dapat disebut sebagai baut struktural heksa berat, yang bisa

digunakan bersama mur heksa berat. Panjang ulirnya lebih kecil daripada baut lain yang digunakan untuk aplikasi lain.

Baut mutu tinggi tersedia dalam berbagai jenis, jenis yang dipilih tergantung pada kondisi yang ada atau tampilan yang dikehendaki, misalnya untuk digunakan pada temperatur tinggi, atau yang digunakan pada kondisi temperatur rendah, atau juga karakteristik cuaca tertentu.

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, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} 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, R_u harus memenuhi :

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

Daftar spesifikasi tabel diameter baut untuk ASTM490 dapat dilihat pada tabel 2.5

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 ^{a,b} | 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.

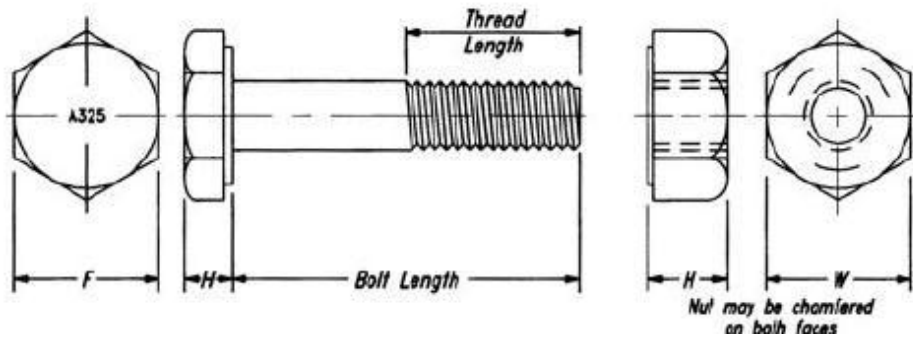
Tabel 2.10. Pratarik Baut Minimum, kN*

| 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.

Tabel 2.11. Ukuran baut dari ASTM325 dan ASTM 490

| 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 | $1^{7/32}$ |
| $1^{3/8}$ | $2^{3/16}$ | $27/32$ | $2^{1/4}$ | $2^{3/16}$ | $1^{11/32}$ |
| $1^{1/2}$ | $2^{3/8}$ | $15/16$ | $2^{1/4}$ | $2^{3/8}$ | $1^{15/32}$ |



Gambar 2.4. 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

2.6.5. Diameter dari 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 seperti pada Gambar 2.3. 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 *truss*. Bentuk *ball joint* dapat dilihat seperti Gambar 2.3.

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.

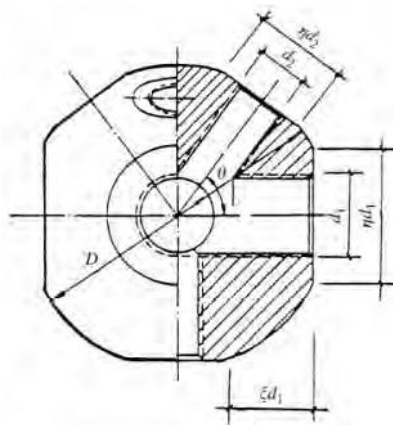
Bola baja di bedakan menjadi dua tipe yaitu :

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

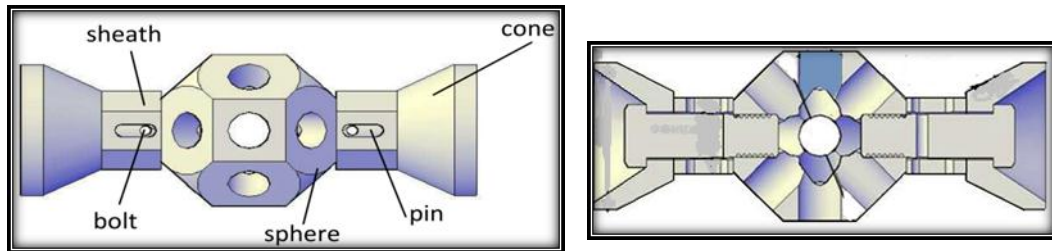
Disediakan untuk struktur dengan arah batang yang tidak standart, sehingga lubang baut pada bola baja harus direncanakan sesuai dengan kebutuhan. Berbeda dengan tipe standart yang sudah disediakan. Pada tipe ini produksi bola baja baru dilaksanakan setelah bentuk konstruksi sudah didapat dan arah batang penyusun diketahui kemiringannya. Tipe khusus ini sering digunakan pada struktur lengkung, Kubah atau struktur lain yang arah batangnya tidak standart.



Gambar 2.5. Sambungan MERO konektor

MERO *connector* pertama kali dikembangkan untuk double layer grid. Sambungan tipe terbaru dari sistem sambungan ini, bernama *Mero plus* sistem yang dapat digunakan untuk berbagai macam tipe struktur. Hollow tipe persegi atau persegi panjang dapat digunakan untuk berbagai macam tipe sambungan.

Sambungan dari bentuk *ball joint* dapat menyalurkan beban geser, dan menahan



torsi.

Gambar 2.6. Bagian Conus, Hexagon (Hexnut) dan Baut

2.7. 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.

2.7.1. 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.

2.7.2. 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 2.6. 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) | 1/8 (3) |
| Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13) | 3/16 (5) |
| Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19) | ¼ (6) |
| Lebih besar dari ¾ (19) | 5/16 (8) |
| <p>^[a] Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus di gunakan</p> <p>Catatan : Lihat Pasal J2.2b (SNI 1729-2015) untuk ukuran maksimum las sudut</p> | |

Sumber : SNI 1729-2013

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

- a. Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari ¼ in. (6 mm); tidak lebih besar dari ketebalan material.
- b. Sepanjang tepi material dengan ketebalan ¼ in. (6 mm) atau lebih; tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 1/16 in. (2 mm), kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk

memperoleh ketebalan throat-penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 1/16 in. (2 mm) bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan tidak melebihi ¼ dari panjangnya. Jika las sudut longitudinal saja digunakan pada sambungan ujung dari komponen struktur tarik tulangan-rata, panjang dari setiap las sudut tidak boleh kurang dari jarak tegak lurus antaranya. Untuk efek panjang las sudut longitudinal pada sambungan ujung di daerah efektif dari komponen struktur yang disambung, lihat Pasal D3. Untuk las sudut yang dibebani ujungnya dengan panjang meningkat 100 kali ukuran las, hal ini diizinkan untuk mengambil panjang efektif sama dengan panjang aktual. Bila panjang las sudut yang dibebani ujungnya melebihi 100 kali ukuran las, panjang efektif harus ditentukan dengan mengalikan panjang aktual dengan faktor reduksi, β ditentukan sebagai berikut :

$$\beta = 1.2 - 0.002 (l/w) \leq 1.0 \dots\dots\dots (2.7.2-1)$$

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.

2.7.3. Kekuatan

Kekuatan desain, ΦR_n dan kekuatan yang diizinkan, R , 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,

$$R_n = F_{nBM} \cdot A_{BM} \dots\dots\dots (2.7.3-1)$$

Untuk Logam las

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \dots\dots\dots (2.7.3-2)$$

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 (SNI 1729-2015)

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

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

Sumber : SNI (1729-2015)

Alternatif untuk las sudut, kekuatan yang tersedia di izinkan di tentukan sebagai berikut :

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

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

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \dots\dots\dots (2.7.3-3)$$

Di mana:

$$F_{nw} = 0.60 F_{EXX} \cdot (1.0 + 0.50 \cdot \sin^{1.5} \theta) \dots\dots\dots (2.7.3-4)$$

dan

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

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:

$$R_{nx} = \sum F_{nwix} \cdot A_{wei} \dots\dots\dots (2.7.3-5)$$

$$R_{ny} = \sum F_{nwi y} \cdot A_{wei} \dots\dots\dots (2.7.3-6)$$

$$M_n = \sum [F_{nwi y} \cdot A_{wei} \cdot (X_i) - F_{nwix} \cdot A_{wei} \cdot (y_i)] \dots\dots\dots (2.7.3-7)$$

Di mana:

- A_{wei} = luas efektif throat las dari setiap elemen las i th, in.² (mm²)
- F_{nwi} = $0.60.F_{EXX} \cdot (1.0 + 0.50 \cdot \sin^{1.5} \theta_i) \cdot f(p_i)$
- $F(p_i)$ = $[p_i \cdot (1.9 - 0.9p_i)]^{0.3}$
- F_{nwi} = tegangan nominal dalam elemen las i th, ksi (Mpa)
- $F_{nwi x}$ = Komponen-x dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (Mpa)
- $F_{nwi y}$ = komponen-y dari tegangan nominal, F_{nwi} , ksi (Mpa)
- P_i = Δ_i / Δ_{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 terkombinasi, R_n , dari kelompok las sudut boleh ditentukan lebih besar dari .

$$R_n = R_{nwi} + R_{nwt} \dots\dots\dots (2.7.3-8)$$

Atau

$$R_n = 0.85.R_{nwi} + 1.5R_{nwt} \dots\dots\dots (2.7.3-9)$$

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)

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)

2.8. Base Plate

2.8.1. 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 plat 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.

$$P_u \leq \Phi_c \cdot P_p \dots\dots\dots (2.8.1-1)$$

Kekuatan Bantalan Beton Minimum :

$$P_p = 0.85 \cdot f_c' \cdot A \dots\dots\dots (2.8.1-2)$$

$$P_p = 0.85 \cdot f_c' \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \cdot f_c' \cdot A_1 \dots\dots\dots (2.8.1-3)$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \dots\dots\dots (2.8.1-4)$$

Kontrol Kekuatan Bantalan Beton

$$\frac{P_u}{A_1} \leq 0.85 \cdot f_c' \dots\dots\dots (2.8.1-5)$$

Luas Perlu Bantalan Beton

$$A_1(\text{reg}) = \frac{P_u}{f_p(\text{Max})} \dots\dots\dots (2.8.1-6)$$

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

$$A_1(\text{reg}) = \frac{P_u}{0.6 \times 0.85 \times f_c'} \dots\dots\dots (2.8.1-7)$$

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

$$A_1(\text{reg}) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{P_u}{0.6 \times 0.85 \times f_c'} \right) \dots\dots\dots (2.8.1-8)$$

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

$$N \approx \sqrt{A_1(\text{reg})} + \Delta \dots \dots \dots (2.8.1-9)$$

$$\Delta = \frac{0.9.d - 0.8.b_f}{2} \dots \dots \dots (2.8.1-10)$$

$$B = \frac{A_1(\text{reg})}{N} \dots \dots \dots (2.8.1-11)$$

d. Menentukan tebal base plate

$$m = \frac{(N - 0.95d)}{2} \dots \dots \dots (2.8.1-12)$$

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} \dots \dots \dots (2.8.1-13)$$

$$\lambda n' = \lambda \cdot \frac{\sqrt{d \cdot b_f}}{4} \dots \dots \dots (2.8.1-14)$$

$$\lambda = \frac{2 \times \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1 \dots \dots \dots (2.8.1-15)$$

$$X = \left\{ \frac{4 \cdot d \cdot b_f}{(b + b_f)^2} \right\} \times \frac{P_u}{\Phi \cdot P_p} \dots \dots \dots (2.8.1-16)$$

$$\Phi P_p = \Phi \cdot 0.85 \cdot f_c' \cdot A_1 \dots \dots \dots (2.8.1-17)$$

Maka tebal Pelat dapat ditentukan dengan rumus :

$$t_{min} = l \times \sqrt{\frac{2 \cdot P_u}{\phi \cdot f_y \cdot B \cdot N}} \dots \dots \dots (2.8.1-18)$$

l adalah nilai maksimum dari $(m, n, \lambda n')$.

• **Kategori 2 (Case 2 $A_2 = A_1$)**

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 (A_1)

$$A_{1(reg)} = \frac{P_u}{2 \times \phi \times 0.85 \times f'_c} \dots\dots\dots (2.8.1-19)$$

c. Dimensi yang optimal pada base plate ditentukan dengan cara yang sama pada Case 1

d. Menentukan tebal base pelat, ditentukan dengan rumus dan cara yang sama dengan Case 1, namun untuk kekuatan beton minimum (P_p) di tentukan sebagai berikut :

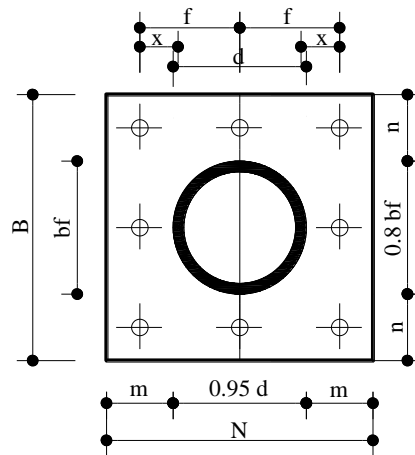
$$\phi P_p = \phi \cdot f'_c \cdot 2 \cdot A_1 \dots\dots\dots (2.8.1-20)$$

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

$$P_u \leq \phi P_p = \phi \cdot f'_c \cdot 2 \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \dots\dots\dots (2.8.1-21)$$



Gambar 2.7. Base Plate dengan Gaya Aksial dan Gaya Geser (Tampak Atas)

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

2.8.2. Perhitungan angkur

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

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \dots\dots\dots (2.8.2-1)$$

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b \dots\dots\dots (2.8.2-2)$$

Untuk angkur tipe A307

$$F_t = 407 - 1.9F_v < 310$$

$$F_v = 166 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (2.8.2-3)$$

Untuk tipe A325 dengan ulir diluar bidang geser

$$F_t = 807 - 1.5 \cdot f_v < 621$$

$$F_v = 414 \text{ MPa} \dots\dots\dots (2.8.2-4)$$

Di mana:

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

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

\emptyset = Faktor Tahanan Pada Angkur = 0.75

F_v = Kuat Geser Nominal Angkur, MPa

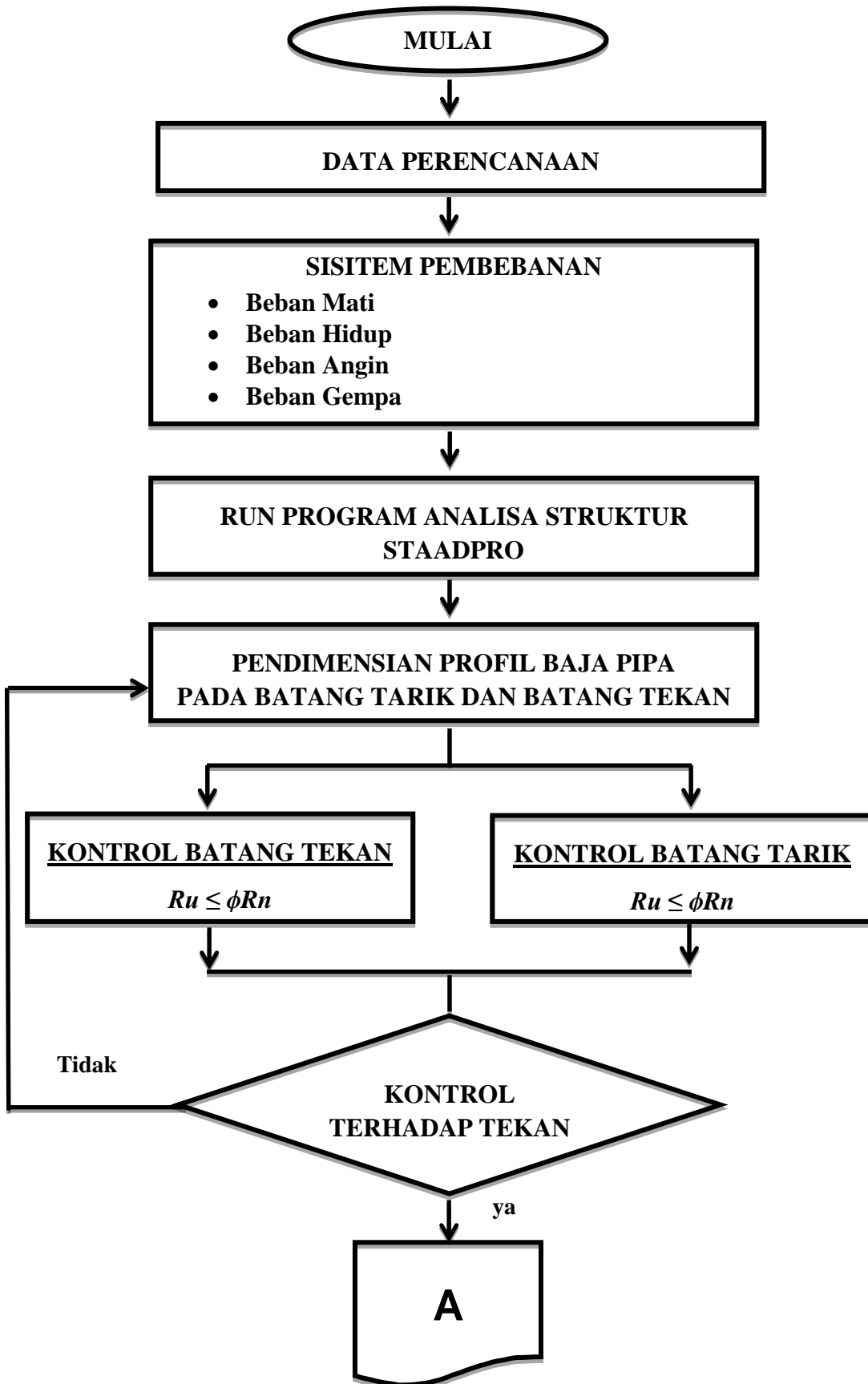
A_b = Luas Penampang Angkur, Mm^2

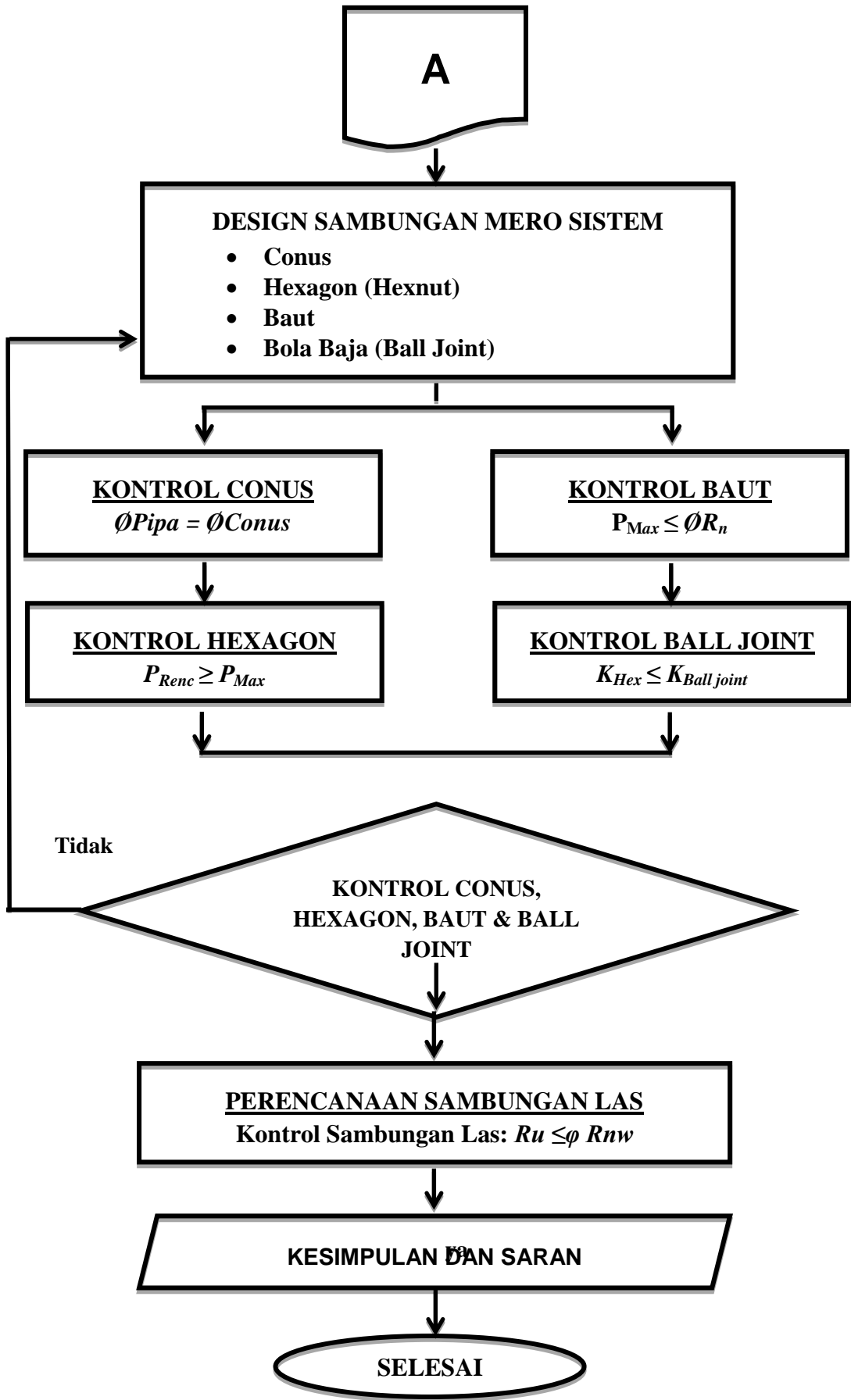
F_t = Kuat Tarik Nominal Angkur, MPa

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

N = Jumlah Angkur

Bagan Alir





BAB III
PERENCANAAN STRUKTUR

3.1. Data Perencanaan

Data-data perencanaan untuk mendesain ulang Struktur atap Stadion Jember Sport Garden sebagai berikut:

| | |
|-----------------------|--|
| Nama bangunan | : Jember Sport Garden |
| Lokasi Pembangunan | : Jember, Jawa Timur |
| Fungsi | : Stadion Olah Raga |
| Bentang | : ± 30 m |
| Panjang Struktur Atap | : ± 120 m |
| Jarak anta kuda-kuda | : ± 6.00 m |
| Tinggi atap | : ± 10 m |
| Struktur atap | : Space Truss (rangka baja pipa) |
| Penutup atap | : Zinalume Lysaght Klip-Lok TM 700 |
| Sambungan | : Sambungan untuk struktur atap menggunakan Mero Sistem dan untuk Plat Landasan menggunakan sambungan las sudut. |

3.2 Perencanaan Pembebanan

Struktur atap stadion Jember Sport Garden dianalisa dengan menggunakan Program Struktural Analisis and Design (StaadPro), sehingga berat sendiri dari struktur tidak di hitung karena sudah diperhitungkan pada Selfweight di StaadPro.

Penutup atap menggunakan atap Zincalume Lysaght Klip-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 Zincalume 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

3.2.1 Beban Mati

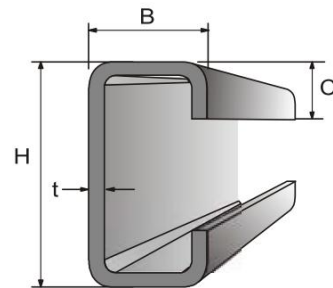
Direncanakan :

- Jarak Antar Gording = 2.355 m
- Bentang Gording = 3.000 m
- Lebar Bangunan = 30.000 m
- Tinggi Atap = 10.000 m
- Lebar Atap Klip-LokTM 700 = 700.00 mm
- Berat Atap Klip-LokTM 700 = 4.970 Kg/m²
- Kemiringan Atap = 0.0 ° - 36.667 °

Dicoba menggunakan gording dengan profil C_{100 x 50 x 20 x 3,2} (C_{H x B x C x t})

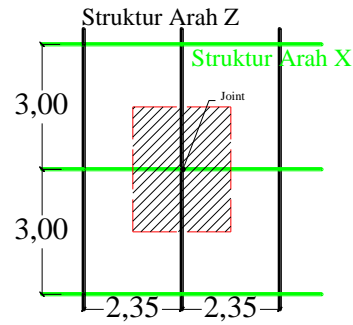
Dari tabel baja Lipped Channel (Baja Kanal C Ringan) dari PT. Gunung Raja Paksi di dapat data sebagai berikut :

- Section Area (A) = 7.010 Cm²
- Unit Weight (W) = 5.500 Kg/m
- Momen Of Inertia (I_x) = 106.000 Cm⁴
- Momen Of Inertia (I_y) = 24.000 Cm⁴
- Modulus Of Section (Z_x) = 21.300 Cm³
- Modulus Of Section (Z_y) = 7.500 Cm³
- Modulus Penampang (S_x) = 21.300 Cm³
- Modulus Penampang (S_y) = 7.800 Cm³
- Tegangan leleh (f_y) = 176.40 N/mm² = 1764.00 Kg/Cm²
- Tegangan tarik (f_u) = 333.20 N/mm² = 3332.00 Kg/Cm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000.00 N/mm²



Luas Tributari Atap

$$\begin{aligned}
 A_T &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\
 &= 2.355 \times 3.000 \\
 &= 7.065 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 3.1 Luas Tributari pada Perletakan Gording

Akibat Beban Mati :

- Berat Sendiri Gording = 5.500 Kg/m
- Berat Penutup Atap = Jarak Antar Gording x Berat Penutup Atap
 $= 2.355 \text{ m} \times 4.970 \text{ Kg/m}^2$
 $= 11.70 \text{ Kg/m}$
- Jumlah Beban Mati = Berat Sendiri Gording + Berat Penutup Atap
 $= 5.500 + 11.704$
 $= 17.204 \text{ Kg/m}$
- Beban Sambungan (10%) = 10 % x Jumlah Beban Mati
 $= 10 \% \times 17.204$
 $= 1.720 \text{ Kg/m}$
- Jumlah Total (G) = 17.204 + 1.720
 $= 18.924 \text{ Kg/m}$

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 $0,96 \text{ kN/m}^2$ (Sumber : Tabel 4-1 SNI 1727-2013).

Di ketahui :

- Nilai rasio tinggi terhadap bentang (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Tinggi Atap}}{\text{Bentang Atap}} \times 32 \\ &= \frac{10.000}{30.000} \times 32 \\ &= 10.667 \end{aligned}$$

- Faktor Reduksi 1 (R_1) :

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

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

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

Maka Faktor reduksi 1 (R_1) dengan $A_T = 7.06 \text{ m}^2$, digunakan $= 1$

- Faktor Reduksi 2 (R_2) :

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

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

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

Maka Faktor reduksi 1 (R_2) dengan $F = 11.703$, digunakan

$$\begin{aligned} R_2 &= 1,2 - 0,05 \cdot F \\ &= 1.2 - 0.050 \times 10.667 \\ &= 0.667 \end{aligned}$$

Reduksi pada beban hidup atap.

$$\begin{aligned} L_r &= L_0 \times R_1 \times R_2 \quad \text{-----} \quad (2.2-1) \\ &= 0.96 \times 1.00 \times 0.67 \\ &= 0.640 \text{ kN/m}^2 \\ &= 64.000 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

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

$$0.58 \leq Lr \leq 0.96$$

$$0.58 \leq 0.640 \leq 0.96 \text{ ----- Ok}$$

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 Stadion ini 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.

3.2.4 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

$$\begin{aligned} R &= 0,0098 \times (ds + dh) \text{ ----- (2.2-3)} \\ &= 0.0098 \times [10.00 + 10.00] \\ &= 0.196 \text{ kN/m}^2 \\ &= 19.600 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban merata

$$\begin{aligned} R &= R \times \text{Jarak antar gording} \\ &= 19.60 \times 2.355 \\ &= 46.16 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

3.2.4 Beban Angin

- Kategori Risiko Bangunan Gedung

Tabel 3.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung

| Penggunaan atau pemamfaatan 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 |

Dari tabel kategori risiko, untuk bangunan stadion termasuk dalam kategori Risiko bangunan III

- Kecepatan Angin Dasar (V)

Tabel 3.4 Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi

| Ibukota Kabupaten | Cuaca | Suhu (°C) | Kelembaban (%) | Kec. Angin (km/jam) | Arah Angin |
|-------------------|---------------|-----------|----------------|---------------------|------------|
| Pacitan | Cerah Berawan | 23 - 33 | 58 - 90 | 30 | Tenggara |
| Ponorogo | Hujan Ringan | 24 - 31 | 58 - 92 | 35 | Tenggara |
| Trenggalek | Hujan Ringan | 22 - 30 | 63 - 95 | 35 | Tenggara |
| Tulungagung | Hujan Ringan | 24 - 32 | 62 - 94 | 35 | Tenggara |
| Blitar | Hujan Ringan | 22 - 33 | 60 - 95 | 30 | Timur |
| Kediri | Hujan Ringan | 24 - 32 | 59 - 94 | 35 | Tenggara |
| Kepanjen | Hujan Ringan | 23 - 30 | 61 - 95 | 35 | Tenggara |
| Lumajang | Hujan Ringan | 24 - 31 | 57 - 94 | 35 | Timur |
| Jember | Berawan | 21 - 32 | 65 - 94 | 30 | Tenggara |

Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi

- Faktor Arah Angin K_d

Tabel 3.5. Faktor Arah Angin (K_d)

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

Sumber : SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1

Faktor Arah Angin K_d untuk atap Lengkung = 1

- 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 $K_{zt} = 0,1$ (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.

$$\begin{aligned}
 n_a &= \frac{75}{h} \\
 &= \frac{75}{15} \\
 &= 5.000 \text{ hz} > 1.0 \text{ hz} \text{ ----- Kaku}
 \end{aligned}$$

Karena Struktur bangunan memiliki frekuensi Alami lebih besar dari 1.00 hz maka faktor efek tiupan angin harus di ambil sebesar 0,85

- Klasifikasi ketertutupan

Jenis struktur bangunan Stadion merupakan bangunan yang terbuka sehingga diklasifikasikan sebagai bangunan terbuka.

- 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 27 m maka z harus interpolasi sebagai berikut :

Diketahui

- Tinggi rata - rata (h) = 23.00 m
- Tinggi elevasi (z) = 17.00 m

Koefisien ekspour Tekanan Velositas untuk angin pergi :

| Tinggi (z) | Velositas K_z |
|----------------|-----------------|
| $z_1 = 21.300$ | $= 0.890$ |
| $z_2 = 24.400$ | $= 0.930$ |

$$K_{h \cdot 15 m} = 0.890 + \left[\frac{23.000 - 21.300}{24.400 - 21.300} \right] \times 0.930 - 0.890$$

$$= 0.912$$

Tekanan Velositas untuk angin datang :

$$q_h = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$= 0.613 \times 0.912 \times 0.10 \times 0.85 \times 8.33^2$$

$$= 3.30 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan Angin (p)

Di ketahui :

- Kategori Risiko Bangunan = Kategori III
- Kecepatan Angin Dasar (V) = 30 Km/jam = 8.3 m/s
- Faktor Arah Angin (K_d) = 0.85
- Kategori Ekspour = Ekspour B
- Faktor Topografi (K_{zt}) = 0.1
- Faktor Efek Tiupan Angin (G) = 0.85
- Kalasifikasi Ketertutupan = Terbuka
- Koefisien tekanan internal (GC_{pi}) = ± 0.00
- Tekanan Velositas (q)

$$(qh) \text{ Angin datang} = 3.30 \text{ N/m}^2$$

Tekanan Angin datang pada dinding

Tabel 3.7 Koefisien ekspour Tekanan Velositas untuk angin pergi

| Sudut atap θ | kasus beban | $\gamma = 0^\circ$ | | $\gamma = 180^\circ$ | |
|---------------------|-------------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| | | C_{NW} | C_{NL} | C_{NW} | C_{NL} |
| 22.5 ° | A | -1.50 | -1.70 | 0.50 | -1.00 |
| | B | -2.30 | -0.90 | 1.30 | 0.00 |
| 27.5 ° | A | -1.500 | -1.767 | 0.567 | -1.000 |
| | B | -2.300 | -1.033 | 1.500 | 0.067 |
| 30 ° | A | -1.50 | -1.80 | 0.60 | -1.00 |
| | B | -2.30 | -1.10 | 1.60 | 0.10 |

contoh perhitungan interpolasi C_{NW} -

$$C_{NW} = -1.500 + \left[\frac{27.500}{30.000} - \frac{22.500}{22.500} \right] \times \left[-1.500 - -1.500 \right]$$

$$= -1.500$$

contoh perhitungan tekanan angin terhalang arah angin $\gamma = 0^\circ$ dengan C_{NW} pada kasus beban A

$$P = qh \cdot G \cdot C_N \text{ ----- (2.2-7)}$$

$$= 3.30 \times 0.85 \times -1.500$$

$$= -4.207 \text{ N/m}^2$$

$$= -0.421 \text{ Kg/m}^2$$

untuk nilai tekanan angin C_{NW} dan C_{NL} pada kasus beban A dan B dengan arah angin $\gamma = 0^\circ$ dan $\gamma = 180^\circ$ dapat dilihat pada tabel berikut

Beban terpusat pada beban angin

Tekanan angin pada C_{NW} dengan $\gamma = 0^\circ$

Tabel 3.8. Hasil Perhitungan Tekanan Angin

| | kasus beban | $\gamma = 0^\circ$ | | $\gamma = 180^\circ$ | |
|---------------------------------------|-------------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | pada C_{NW} | pada C_{NL} | pada C_{NW} | pada C_{NL} |
| Tekanan Angin (Kg/m ²) | A | -4.207 | -4.955 | 1.589 | -2.805 |
| | B | -6.451 | -2.898 | 4.207 | 0.187 |

Tabel 3.9. Hasil Perhitungan Tekanan Angin x jarak gording

| | kasus beban | $\gamma = 0^\circ$ | | $\gamma = 180^\circ$ | |
|---|-------------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | pada C_{NW} | pada C_{NL} | pada C_{NW} | pada C_{NL} |
| Tekanan Angin x jarak gording (Kg/m) | A | -9.907 | -11.669 | 3.743 | -6.605 |
| | B | -15.191 | -6.825 | 9.907 | 0.440 |

3.2.5 Kombinasi Pembebanan

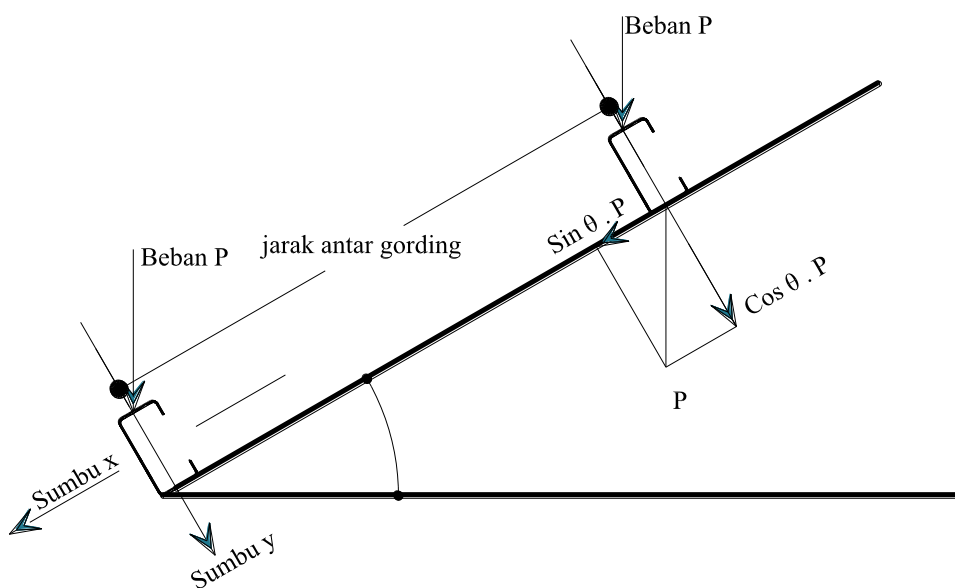
Kombinasi pembebanan SNI 1727 - 2015 yang digunakan dalam metode desain Kekuatan/desain faktor beban dan ketahanan adalah sebagai berikut :

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1.2D + 1.6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + 0.5 (Lr \text{ atau } 0.5W)$
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 | Beban pada Gording |
|----|----------------------|---------|--------------------|
| 1 | Beban mati (DLx) | 3.000 | 18.924 Kg/m |
| 2 | Beban hidup (LLx) | 3.000 | 64.000 Kg |
| 3 | Beban Air hujan (Rx) | 3.000 | 46.156 Kg/m |
| 4 | Beban Angin Atap | 3.000 | 9.907 Kg/m |

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 3.2 *Penguraian Beban pada Atap*

Penguraian Gaya pada Atap

Contoh perhitungan penguraian beban mati pada gording

$$\begin{aligned}
 P_x &= \sin \alpha \times P \\
 &= \sin 34.30 \times 18.924 \text{ Kg} \\
 &= 10.665 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_y &= \cos \alpha \times P \\
 &= \cos 34.30 \times 18.924 \text{ Kg} \\
 &= 15.633 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

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) | Beban Angin (Kg/m) |
| 1 | 36.667 ° | 7.457 | 38.218 | 13.781 | 10.016 | 51.336 | 18.511 | 4.954 |
| 2 | 34.301 ° | 10.665 | 36.067 | 26.011 | 15.633 | 52.87 | 38.129 | 9.907 |
| 3 | 31.935 ° | 10.010 | 33.853 | 24.415 | 16.060 | 54.314 | 39.170 | 9.907 |
| 4 | 29.570 ° | 9.339 | 31.583 | 22.777 | 16.459 | 55.664 | 40.144 | 9.907 |
| 5 | 27.204 ° | 8.651 | 29.258 | 21.101 | 16.831 | 56.921 | 41.050 | 9.907 |
| 6 | 24.839 ° | 7.950 | 26.884 | 19.389 | 17.174 | 58.079 | 41.886 | 9.907 |
| 7 | 22.473 ° | 7.234 | 24.464 | 17.643 | 17.487 | 59.14 | 42.651 | 9.907 |
| 8 | 20.107 ° | 6.506 | 22.002 | 15.867 | 17.771 | 60.099 | 43.343 | 9.907 |
| 9 | 17.742 ° | 5.767 | 19.503 | 14.065 | 18.024 | 60.956 | 43.961 | 9.907 |
| 10 | 15.376 ° | 5.018 | 16.970 | 12.238 | 18.247 | 61.709 | 44.504 | 9.907 |
| 11 | 13.011 ° | 4.261 | 14.409 | 10.391 | 18.438 | 62.357 | 44.971 | 9.907 |
| 12 | 10.645 ° | 3.496 | 11.822 | 8.526 | 18.599 | 62.899 | 45.362 | 9.907 |
| 13 | 8.280 ° | 2.725 | 9.217 | 6.647 | 18.727 | 63.333 | 45.675 | 9.907 |
| 14 | 5.914 ° | 1.950 | 6.594 | 4.756 | 18.824 | 63.659 | 45.910 | 9.907 |
| 15 | 3.548 ° | 1.171 | 3.961 | 2.856 | 18.888 | 63.877 | 46.068 | 9.907 |
| 16 | 1.183 ° | 0.391 | 1.321 | 0.953 | 18.920 | 63.986 | 46.146 | 9.907 |
| 17 | 0.000 ° | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 12.487 | 64 | 23.078 | 4.954 |

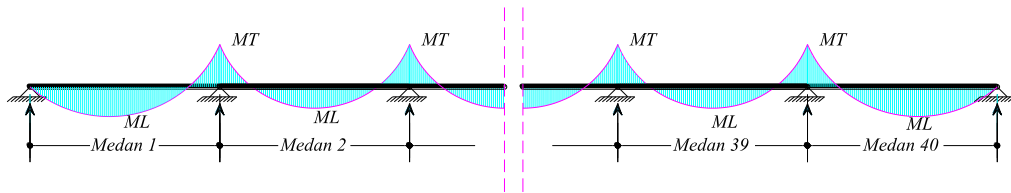
3.2.6 Analisa Gording

Gording dianggap sebagai gelagar menerus dengan panjang 120.00 m (Standart panjang baja Profil C yang digunakan dari PT. Gunung Raja Paksi panjang profil 6.00 m).

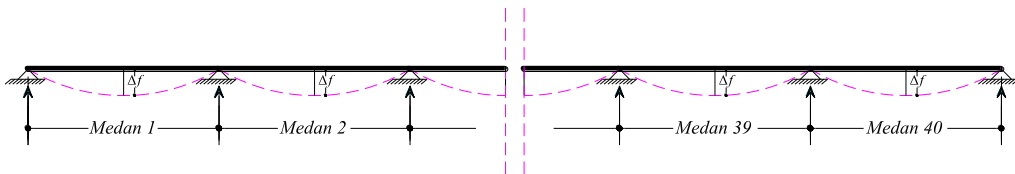
Gelagar menerus dapat di hitung dengan menggunakan Clapey-ron (Dalil momen tiga), Cross atau slope deflection untuk menganalisa momennya dan untuk menghitung lendutan dapat dihitung dengan menggunakan metode double integral, momen area, atau conjugate beam. Namun dalam pembahasan skripsi ini untuk mendapatkan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

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

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



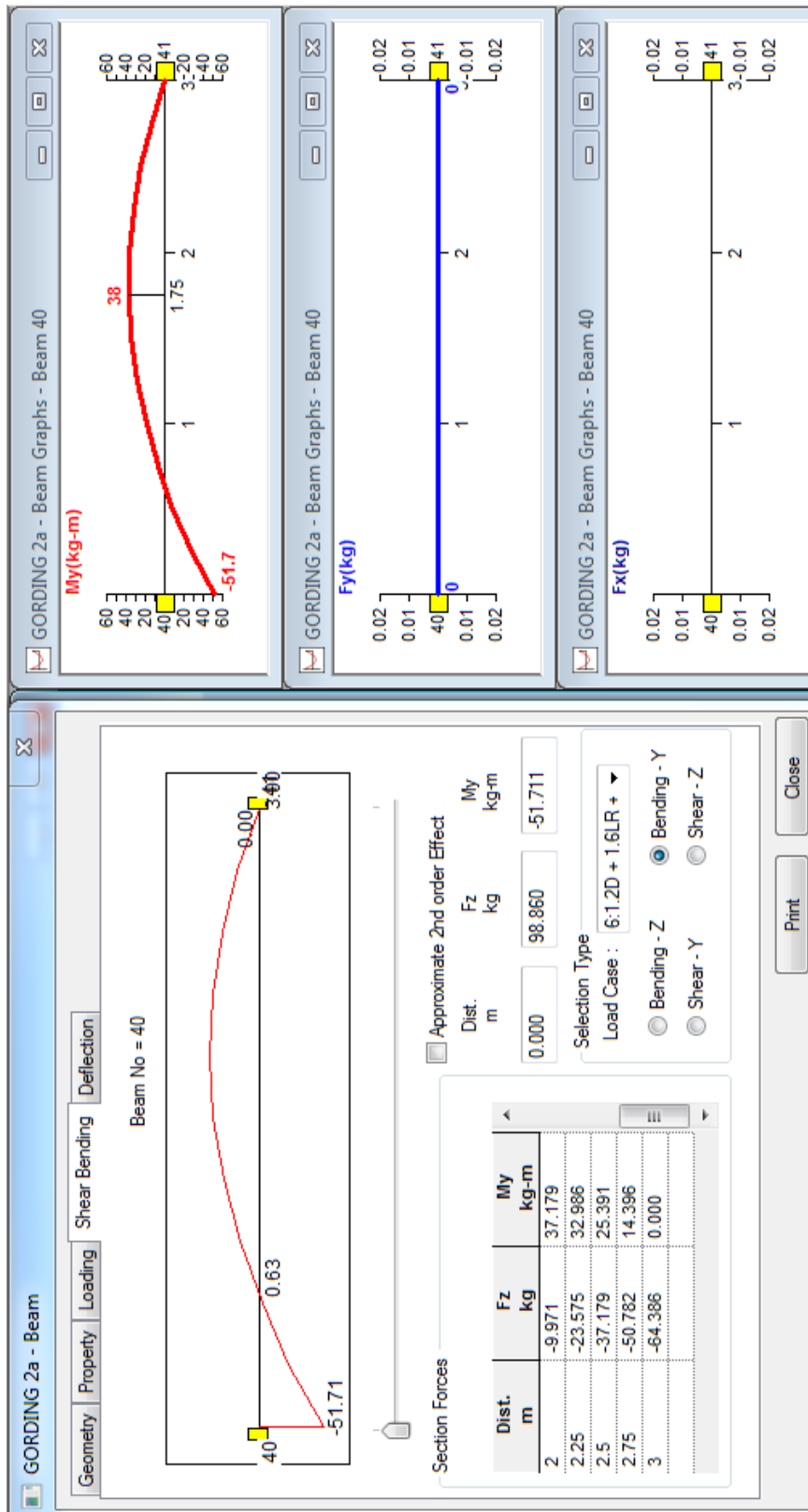
Gambar 3.3 Gambar bidang momen pada gording

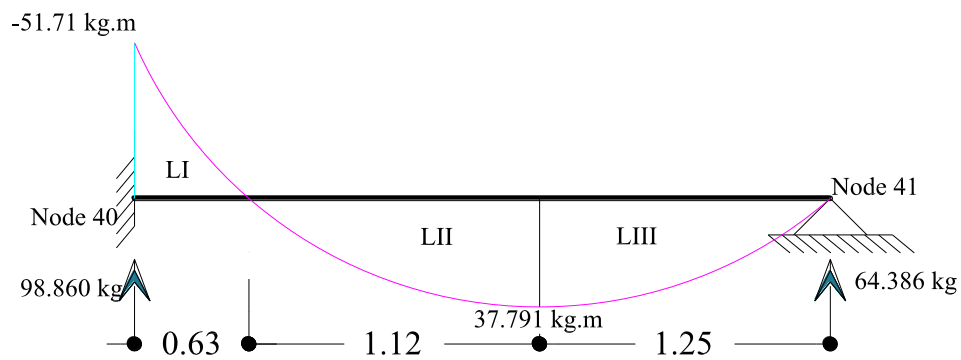


Gambar 3.4 Lendutan pada gording

Contoh perhitungan lendutan dengan metode Momen Area

- Sumbu X





Menghitung Luasan

$$LI = \frac{1}{3} \times 51.71 \times 0.63$$

$$= 10.859 \text{ m}^2$$

$$LII = \frac{2}{3} \times 37.791 \times 1.12$$

$$= 28.217 \text{ m}^2$$

$$LIII = \frac{2}{3} \times 37.791 \times 1.25$$

$$= 31.493 \text{ m}^2$$

Mencari reaksi

$$M_{\text{Node41}} = LI \times (3/4 \times 0.63 + 2.37) - LII (3/8 \times 1.12 + 1.25) - LIII (5/8 \times 1.25) + R_{\text{Node40}} \times 3$$

$$0 = 10.859 \times \left[0.75 \times 0.63 + 2.37 \right] - 28.217 \times \left[0.375 \times 1.12 + 1.25 \right] - 31.493 \times \left[0.625 \times 1.25 \right] + R_{\text{Node40}} \times 3$$

$$R_{\text{Node40}} = \frac{-40.859}{-3.000}$$

$$= 13.620 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{Node40}} = -51.710 \text{ Kg.m}$$

$$M_{\text{Node40}} = -\text{LI} \times (1/4 \times 0.63) + \text{LII} (5/8 \times 1.12 + 0.63) + \text{LIII} (3/8 \times 1.25 + 1.75) + R_{\text{Node41}} \times 3$$

$$-51.71 = 10.859 \times \left[0.25 \times 0.63 \right] + 28.217 \times \left[0.625 \times 1.12 + 0.63 \right] + 31.493 \times \left[0.375 \times 1.25 + 1.75 \right] - R_{\text{Node41}} \times 3$$

$$R_{\text{Node41}} = \frac{160.823}{3.000} = 53.608 \text{ Kg}$$

Perhitungan Lendutan

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2 = 21000.0 \text{ Kg/mm}^2$$

$$I = 24.00 \text{ Cm}^4 = 240000.00 \text{ mm}^4$$

$$EI = 5040000000 \text{ Kg.mm}^2$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = R_{\text{Node40}} \times 1.75 + \text{LI} \times (3/4 \times 0.63 + 1.12) - \text{LII} (3/8 \times 1.12 + 1.25)$$

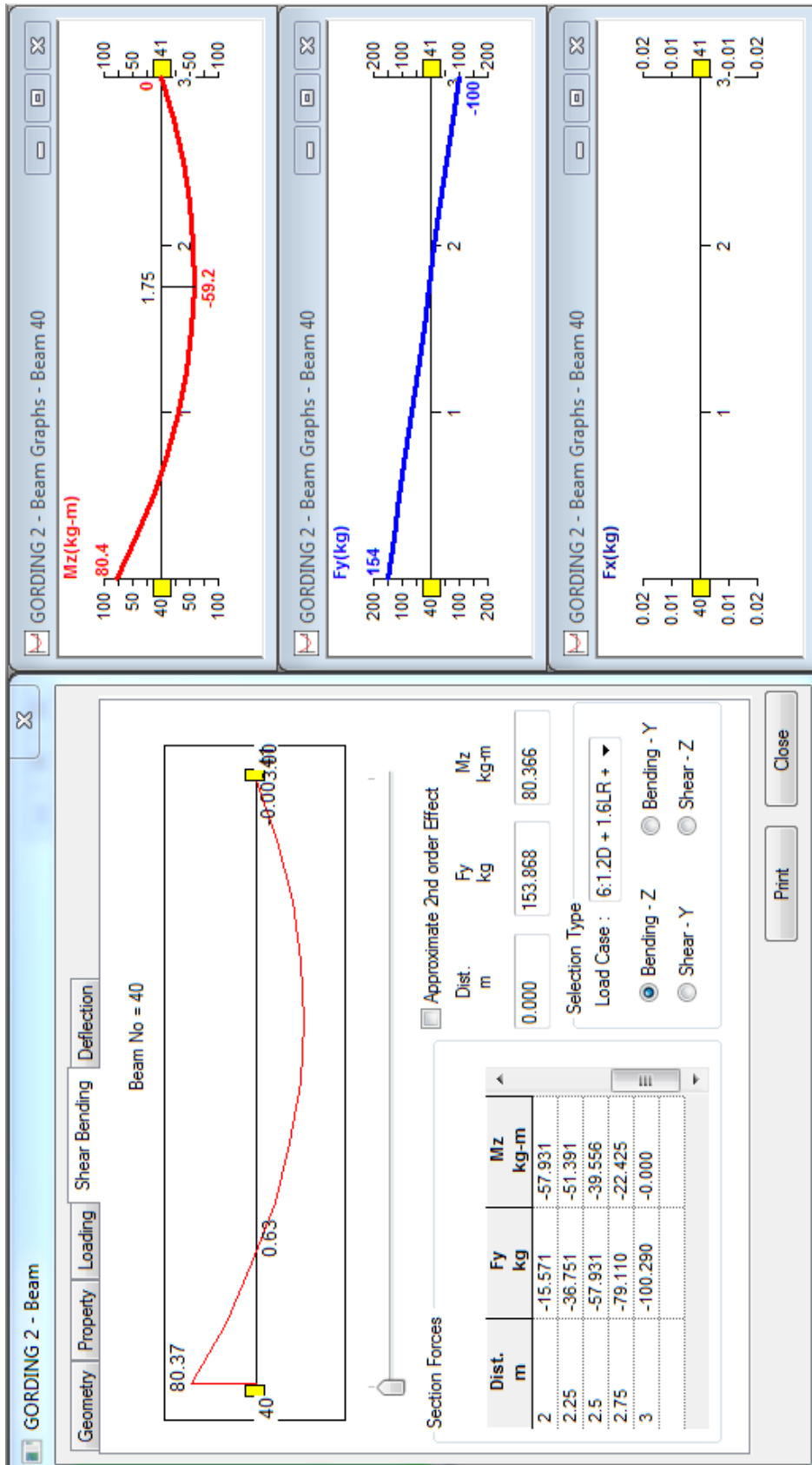
$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = 13.620 \times 1.75 + 10.859 \times \left[0.750 \times 0.63 + 1.12 \right] - 28.217 \times \left[0.375 \times 1.12 \right]$$

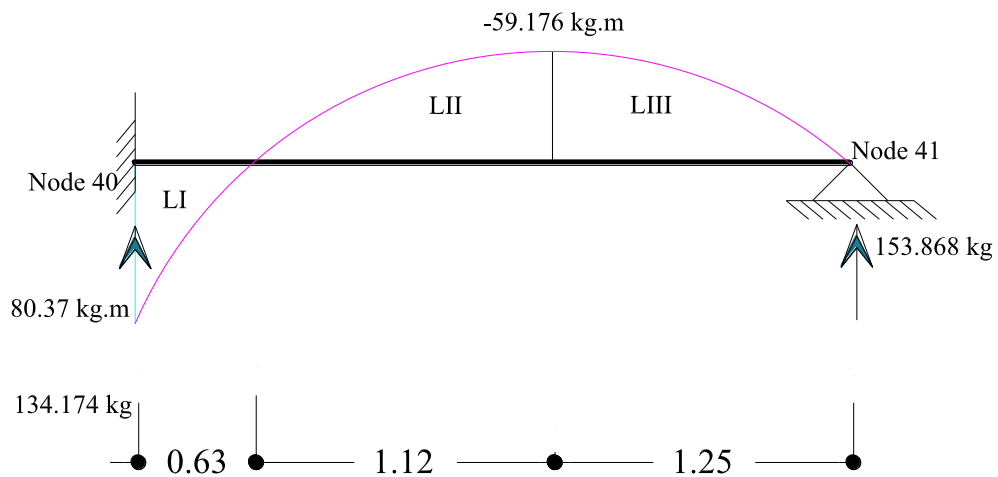
$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = 29.276$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{29276498343.75}{5040000000}$$

$$= 5.809 \text{ mm}$$

- Sumbu Y





Menghitung Luasan

$$LI = \frac{1}{3} \times 80.37 \times 0.63$$

$$= 16.878 \text{ m}^2$$

$$LII = \frac{2}{3} \times 59.176 \times 1.12$$

$$= 44.185 \text{ m}^2$$

$$LIII = \frac{2}{3} \times 59.176 \times 1.25$$

$$= 49.313 \text{ m}^2$$

Mencari reaksi

$$M_{\text{Node41}} = -LI \times (3/4 \times 0.63 + 2.37) + LII (3/8 \times 1.12 + 1.25) + LIII (5/8 \times 1.25) + R_{\text{Node40}} \times 3$$

$$0 = -16.878 \times \left[0.75 \times 0.63 + 2.37 \right] + 44.185 \times \left[0.375 \times 1.12 + 1.25 \right] + 49.313 \times \left[0.625 \times 1.25 \right] + R_{\text{Node40}} \times 3$$

$$R_{\text{Node40}} = \frac{64.340}{3.000}$$

$$= 21.447 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{Node40}} = 80.370 \text{ Kg.m}$$

$$M_{\text{Node40}} = \text{LI} \times (1/4 \times 0.63) - \text{LII} (5/8 \times 1.12 + 0.63) - \text{LIII} (3/8 \times 1.25 + 1.75) + R_{\text{Node41}} \times 3$$

$$80.37 = 16.878 \times \left[0.25 \times 0.63 \right] - 44.185 \times \left[0.625 \times 1.12 + 0.63 \right] - 49.313 \times \left[0.375 \times 1.25 + 1.75 \right] - R_{\text{Node41}} \times 3$$

$$R_{\text{Node41}} = \frac{-245.891}{-3.000}$$

$$= 81.964 \text{ Kg}$$

Perhitungan Lendutan

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2 = 21000.0 \text{ Kg/mm}^2$$

$$I = 106.00 \text{ Cm}^4 = 1060000.00 \text{ mm}^4$$

$$EI = 22260000000 \text{ Kg.mm}^2$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = R_{\text{Node40}} \times 1.75 + \text{LI} \times (3/4 \times 0.63 + 1.12) - \text{LII} (3/8 \times 1.12 + 1.25)$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = 21.447 \times 1.75 + 16.878 \times \left[0.750 \times 0.63 + 1.12 \right] - 44.185 \times \left[0.375 \times 1.12 \right]$$

$$EI \cdot \delta_{\text{max}} = 45.852$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{45851639020.83}{22260000000}$$

$$= 2.060 \text{ mm}$$

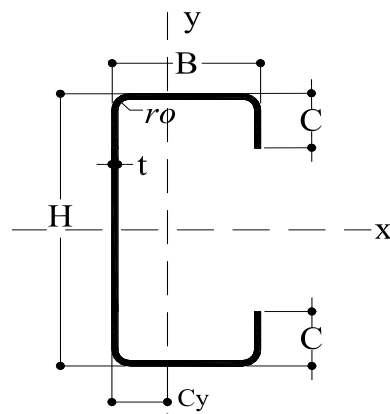
Tabel 3.12 Nilai Momen dan Lendutan Gording Atap

| No | Sudut (α) | Momen (Kg.m) | | Lendutan | | Lendutan (mm) | $\Delta_{ijin} = 12.50$ mm |
|----|--------------------|--------------|--------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| | | Arah X | Arah Y | Δx (mm) | Δy (mm) | $n = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ | |
| 1 | 36.667 ° | 29.457 | 41.849 | 3.128 | 0.999 | 3.284 | Aman |
| 2 | 34.301 ° | 51.711 | 80.370 | 5.809 | 2.060 | 6.163 | Aman |
| 3 | 31.935 ° | 48.537 | 82.436 | 5.154 | 1.967 | 5.517 | Aman |
| 4 | 29.570 ° | 45.282 | 84.369 | 4.809 | 2.013 | 5.213 | Aman |
| 5 | 27.204 ° | 41.949 | 86.167 | 4.455 | 2.056 | 4.907 | Aman |
| 6 | 24.839 ° | 38.546 | 87.827 | 4.093 | 2.096 | 4.598 | Aman |
| 7 | 22.473 ° | 35.075 | 89.344 | 3.725 | 2.132 | 4.292 | Aman |
| 8 | 20.107 ° | 31.545 | 90.718 | 3.350 | 2.165 | 3.989 | Aman |
| 9 | 17.742 ° | 27.962 | 91.944 | 2.969 | 2.194 | 3.692 | Aman |
| 10 | 15.376 ° | 24.330 | 93.022 | 2.584 | 2.220 | 3.407 | Aman |
| 11 | 13.011 ° | 20.658 | 93.948 | 2.194 | 2.242 | 3.137 | Aman |
| 12 | 10.645 ° | 16.950 | 94.725 | 1.800 | 2.260 | 2.889 | Aman |
| 13 | 8.280 ° | 13.214 | 95.346 | 1.403 | 2.275 | 2.673 | Aman |
| 14 | 5.914 ° | 9.460 | 95.813 | 1.005 | 2.286 | 2.497 | Aman |
| 15 | 3.548 ° | 5.678 | 96.126 | 0.603 | 2.294 | 2.372 | Aman |
| 16 | 1.183 ° | 1.895 | 96.280 | 0.201 | 2.297 | 2.306 | Aman |
| 17 | 0.000 ° | 0.000 | 51.594 | 0.000 | 1.231 | 1.231 | Aman |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimensi Gording $C_{100 \times 50 \times 20 \times 3,2}$

| | | |
|------|---|-----------|
| H | = | 100.00 mm |
| B | = | 50.00 mm |
| C | = | 20.00 mm |
| t | = | 3.20 mm |
| ro | = | 3.00 mm |
| Cy | = | 1.86 mm |



Klasifikasi penampang untuk Kontrol plat sayap :

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{b}{t} \\ &= \frac{b - 2 \times (r_o + t)}{t} \\ &= \frac{50.00 - 2 \times [3.00 + 3.20]}{3.20} \\ &= 11.750 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= 0.380 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{-----SNI 1729-2015 Tabel B4.1b} \\ &= 0.380 \times \sqrt{\frac{210000.00}{176.40}} \\ &= 13.111\end{aligned}$$

Kontrol Klasifikasi Penampang :

$$\begin{aligned}\lambda_f &< \lambda_p \text{-----Kompak} \\ 11.750 &< 13.111 \text{-----Kompak}\end{aligned}$$

Klasifikasi penampang untuk Kontrol plat Badan :

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{h - (2 \times (t + R))}{t} \\ &= \frac{100.00 - [2 \times 3.20 + 3.00]}{3.20} \\ &= 29.250 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= 3.760 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{-----SNI 1729-2015 Tabel B4.1b} \\ &= 3.760 \times \sqrt{\frac{210000.00}{176.40}} \\ &= 129.732\end{aligned}$$

Kontrol Klasifikasi Penampang :

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

$$29.250 < 129.732 \text{ ----- } \textit{Kompak}$$

Penampang Dinyatakan kompak pada plat sayap.

Kontrol lentur arah x

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

$$36.667 \text{ Kg.m} \leq 0.9 \times Z_y \times F_y$$

$$36.667 \text{ Kg.m} \leq 0.9 \times 7.500 \times 1764.00$$

$$36.667 \text{ Kg.m} \leq 11907.000 \text{ Kg.Cm}$$

$$36.667 \text{ Kg.m} \leq 119.070 \text{ Kg.Cm} \text{ ----- } \textit{Ok}$$

Kontrol lentur arah y

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

$$96.280 \text{ Kg.m} \leq 0.9 \times Z_x \times F_y$$

$$96.280 \text{ Kg.m} \leq 0.9 \times 21.300 \times 1764.00$$

$$96.280 \text{ Kg.m} \leq 33815.880 \text{ Kg.Cm}$$

$$96.280 \text{ Kg.m} \leq 338.159 \text{ Kg.Cm} \text{ ----- } \textit{Ok}$$

$$\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} < 1.00$$

$$\frac{36.667}{119.070} + \frac{96.280}{338.159} < 1.00$$

$$0.6 < 1.00 \text{ ----- } \textit{Ok}$$

3.2.9 Pembebanan Pada Joint

Diketahui :

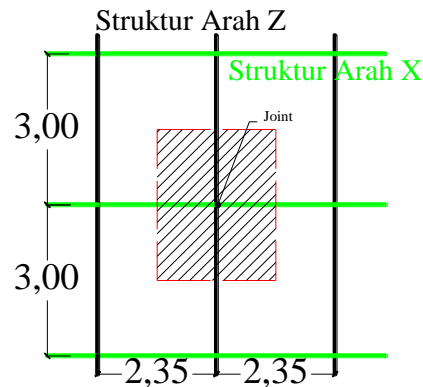
- Jarak antar gording = 2.355 m
- Bentang gording = 3.000 m
- Berat Atap Klip-Lok™ 70 = 4.970 Kg/m²
- Dimensi Gording Primer = C_{100 x 50 x 20 x 2}
Berat Gording = 5.500 Kg/m

1. Beban Mati

Berat Penutup Atap

Beban terpusat untuk penutup atap type 1:

$$\begin{aligned}D_{Atap} &= L_r \times A_T \\ &= 4.97 \times 7.065 \\ &= 35.112 \text{ Kg/Joint}\end{aligned}$$



Gambar : 3.6 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

$$\begin{aligned}DL &= \text{Berat Penutup Atap} + \text{Berat Gording} \\ &= 4.970 + 16.500 \\ &= 21.470 \text{ Kg/Joint}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Sambungan (10\%)} &= 10 \% \times \text{Jumlah Beban Mati} \\
 &= 10 \% \quad \times \quad 21.470 \\
 &= 2.147 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DL_{Total} &= 21.470 + 2.147 \\
 &= 23.617 \text{ Kg/Joint}
 \end{aligned}$$

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 :

$$LL = 64.000 \text{ Kg/m}^2$$

3. Beban Air Hujan

Beban Terpusat

$$\begin{aligned}
 R &= R \times A_T \\
 &= 19.60 \quad \times \quad 7.065 \\
 &= 138.468 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

4. Beban Angin

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan angin} &= \text{koef. Tekanan angin} \times A_T \\
 &= -6.451 \quad \times \quad 7.065 \\
 &= -45.57 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.13 Hasil Perhitungan Tekanan Angin Akibat luasan Tributari

| | kasus beban | $\gamma = 0^\circ$ | | $\gamma = 180^\circ$ | |
|--|-------------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | pada C_{NW} | pada C_{NL} | pada C_{NW} | pada C_{NL} |
| Tekanan Angin akibat luas tributari (Kg) | A | -29.72 | -35.01 | 11.23 | -19.81 |
| | B | -45.57 | -20.48 | 29.72 | 1.32 |

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 = 10.00 Kg/Joint

6. Beban Sambungan Mero Sistem

Direncanakan :

• Berat Ball Joint

Diasumsikan menggunakan ball Joint :

- Diameter Ball Joint = N 150

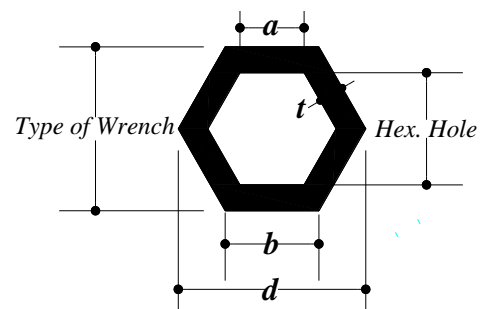
$$\begin{aligned} \text{Volume Ball Joint} &= \frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3 \\ &= \frac{4}{3} \times 3.14 \times 0.075^3 \\ &= 0.00177 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Ball Joint} &= \text{Volume Ball Joint} \times \text{Berat Jenis Baja} \\ &= 0.00177 \times 7850.00 \\ &= 13.86506 \text{ Kg} \end{aligned}$$

• 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 :

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{0.5 \times \text{Hex Hole}}{\text{Cos } 30^\circ} \right) \text{-----} (2.6.3-1) \\ &= \left(\frac{0.5 \times 0.0320}{\text{Cos } (30^\circ)} \right) \\ &= 0.0185 \text{ m} \end{aligned}$$

$$b = \left(\frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \dots\dots\dots (2.6.3-2)$$

$$= \left(\frac{0.5 \times 0.0410}{\cos (30^\circ)} \right)$$

$$= 0.0237 \text{ m}$$

$$t = 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \dots\dots\dots (2.6.3-3)$$

$$= 0.5 \times 0.041 - 0.032$$

$$= 0.0045 \text{ m}$$

$$A = 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \dots\dots\dots (2.6.3-4)$$

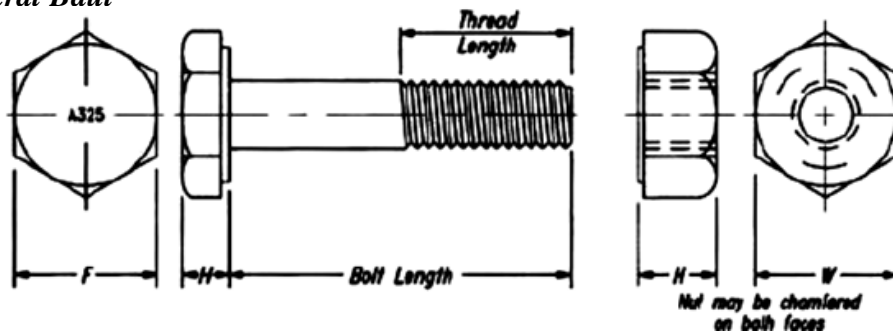
$$= 6.00 \times \frac{0.018 + 0.024}{2} \times 0.0045$$

$$= 0.000569 \text{ m}^2$$

- Volume Hexagon = Luas Penampang x Panjang
- = 0.00057 x 0.0750
- = 0.00004 m³

- Berat Hexsagon = $n \times \text{Volume Hexagon} \times \text{Berat Volume Baja}$
- = 8 x 0.0000427 x 7850.00
- = 2.67989 Kg

- **Berat Baut**



Gambar 3.6 Ukuran Baut Berdasarkan ASTM 325 & ASTM 490

Diasumsikan menggunakan baut dengan tipe M30

Diketahui :

- $f = 5.558 \text{ Cm}$
- $H = 2.143 \text{ Cm}$
- $BL = 14.715 \text{ Cm}$
- $\emptyset = 3.493 \text{ Cm}$

Menghitung Berat Kepala Baut

$$\begin{aligned} \text{▪ Panjang Sisi (S)} &= \frac{0.50 \times f}{\cos \alpha} \\ &= \frac{0.50 \times 5.558}{\cos 30} \\ &= 3.2089 \text{ Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Volume Kepala Baut} &= \frac{3\sqrt{3}}{2.00} \times S^3 \times H \\ &= \frac{3\sqrt{3}}{2.00} \times 0.0321^3 \times 0.0214 \\ &= 0.0000573 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Volume Batang baut} &= 0.25 \times 3.14 \times d^2 \times L \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 0.0349^2 \times 0.147 \\ &= 0.0001409 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Volume 1 Buah Baut} &= \text{Volume Kepala Baut} + \text{Volume Batang Baut} \\ &= 0.0000573 + 0.0001409 \\ &= 0.0001983 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Berat baut} &= n \times \text{Volume Baut} \times \text{Berat Volume Baja} \\ &= 8 \times 0.00020 \times 7850.00 \\ &= 12.45128 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Beban Mati Pada Joint} &= \text{Berat Ball Joint} + \text{Berat Hexagon} + \text{Berat Baut} \\ &= 13.8651 + 2.6799 + 12.45128 \\ &= 28.996 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3.3 Perencanaan Dimensi Batang

Dalam merencanakan dimensi batang, elemen-elemen utama struktur 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.

3.3.1 Perencanaan Batang Baja Pipa

Adapun spesifikasi teknis dari material baja pipa yang di gunakan 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 MPa
- Thermal Coeff (α) = 0.000012 $^{\circ}\text{C}$
- Critical Damping = 0.03
- Shear Modulus (G) = 78846.200 MPa

Dalam merencanakan batang baja pipa menggunakan property sebagai berikut:

Direncanakan untuk struktur PIPS15 :

- Diameter (\emptyset) Luar = 48.26 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 41.15 mm
- Luas penampang (A_g) = 499.1577 mm² = 4.9916 Cm²
- Wall Thickness (t) = 3.56 mm
- Berat per unit panjang = 3.92 kg/m

Direncanakan untuk struktur PIPS25 :

- Diameter (\emptyset) Luar = 73.15 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 63.50 mm
- Luas penampang (A_g) = 1035.3876 mm² = 10.3539 Cm²
- Wall Thickness (t) = 4.83 mm
- Berat per unit panjang = 8.13 kg/m

Direncanakan untuk struktur PIPS50 :

- Diameter (\emptyset) Luar = 141.22 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 129.03 mm
- Luas penampang (A_g) = 2586.5445 mm² = 25.8654 Cm²
- Wall Thickness (t) = 6.10 mm
- Berat per unit panjang = 20.30 kg/m

3.3.2 Analisa Statika

Dari hasil perhitungan analisa statika dari StaadPro V8i di peroleh gaya - gaya batang sebagai berikut :

Tabel 3.14 Gaya Normal pada Batang (Fx)

| Property | Panjang batang (m) | Load Case (L/C) | Gaya Batang | | Keadaan |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------|----------|---------|
| | | | Max Fx | Max Fy | |
| Max Fx- PIPS15 | 3.00 | Kombinasi 3 | 1140 Kg | - | Tekan |
| Max Fx- PIPS15 | 3.00 | Kombinasi 3 | 839 Kg | - | Tarik |
| Max Fx- PIPS25 | 4.47 | Kombinasi 3 | 4920 Kg | - | Tekan |
| Max Fx- PIPS25 | 4.47 | Kombinasi 3 | 5440 Kg | - | Tarik |
| Max Fx- PIPS 50 | 2.49 | Kombinasi 3 | 37800 Kg | 15.82 Kg | Tekan |
| Max Fx- PIPS50 | 2.36 | Kombinasi 3 | 19300 Kg | 19.16 Kg | Tarik |

Sumber : Hasil Analisa StaadPro V8i

3.4 Desain Komponen Struktur

3.4.1 Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIPS15

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

$$Ru \leq \phi Rn \text{(2.3.1-1)}$$

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) = 48.26 mm
- Diameter Dalam (ID) = 41.15 mm

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \phi OD - 0.25 \times 3.14 \times \phi ID \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 48.26^2 - 0.25 \times 3.14 \times 41.15^2 \\ &= 499.1577 \text{ mm}^2 \\ &= 0.000499 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} P_n &= F_y \cdot A_g \text{(2.5.1-2)} \\ &= 240.00 \times 499.158 \\ &= 119797.85 \text{ N} \\ &= 11979.785 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$\begin{aligned} Ru &\leq \phi Rn \\ Pu &\leq 0.9 \times P_n \\ 1140.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 11979.785 \text{ Kg} \\ 1140.000 \text{ Kg} &\leq 10781.807 \text{ Kg} \text{Ok} \end{aligned}$$

Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\begin{aligned} P_n &= F_u \cdot A_n \text{(2.5.1-3)} \\ &= 415.00 \times 499.158 \\ &= 207150.45 \text{ N} \\ &= 20715.045 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$1140.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 20715.045 \text{ Kg}$$

$$1140.000 \text{ Kg} \leq 18643.541 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok}$$

3.4.2 Desain Komponen Struktur Tekan pada Property PIPS15

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

$$R_u \leq \phi R_n \text{ -----} (2.5.2-1)$$

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 , disebut penampang dengan elemen langsing.

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

Diketahui :

- Diameter Luar (OD) = 48.26 mm
- Diameter Dalam (ID) = 41.15 mm
- Tebal (Thickness) = 3.56 mm
- Luas Penampang (A_g) = 499.1577 mm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (F_y) = 240 MPa

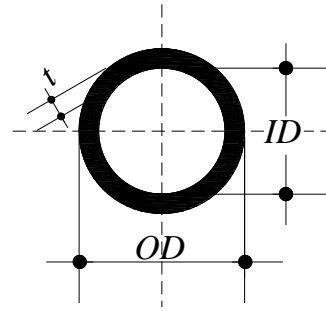
$$D/t \geq 0.1 \times \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{48.26}{3.56} \geq 0.11 \times \frac{210000.00}{240.00}$$

$$13.571 \leq 96.25 \text{ -----} \text{Non Langsing}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 3.00 m
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$



Dimana :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} x (OD - ID)^4 \\
 &= \frac{3.14}{64} x (48.26^4 - 41.15^4) \\
 &= 125481.56 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{125481.557}{499.158}} \\
 &= 15.8552 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{K x L}{r} < 200 \text{ ----- (2.5.2-4)}$$

$$\frac{3000.000}{15.855} < 200$$

$$189.213 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

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

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.5.1-2)}$$

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

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

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

maka :

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

$$\frac{3000}{15.855} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{210000.00}{240}}$$

$$189.21 \leq 139.324 \text{ ----- Maka Digunakan } F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

Dimana :

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3.14^2 \times 210000.00}{189.213^2}$$

$$= 57.833 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis ditentukan sebagai berikut:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \text{ ----- (2.5.2-5)}$$

$$= \left(0.658 \frac{240.000}{57.833} \right) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 42.255 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal

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

$$= 42.255 \times 499.158$$

$$= 21091.751$$

Kontrol Kekuatan tekan

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$1140.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 21091.751 \text{ Kg}$$

$$1140.000 \text{ Kg} \leq 18982.576 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

3.4.3 Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIPS25

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

$$Ru \leq \phi Rn \text{(2.3.1-1)}$$

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) = 48.26 mm.....
- Diameter Dalam (ID) = 41.15 mm

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \phi OD - 0.25 \times 3.14 \times \phi OD \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 48.26^2 - 0.25 \times 3.14 \times 41.15^2 \\ &= 499.1577 \text{ mm}^2 \\ &= 0.000499 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} P_n &= F_y \cdot A_g \text{(2.5.1-2)} \\ &= 240.00 \times 499.158 \\ &= 119797.85 \text{ N} \\ &= 11979.785 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$\begin{aligned} Ru &\leq \phi Rn \\ P_u &\leq 0.9 \times P_n \\ 4920.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 11979.785 \text{ Kg} \\ 4920.000 \text{ Kg} &\leq 10781.807 \text{ Kg} \text{ Ok} \end{aligned}$$

Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\begin{aligned} P_n &= F_u \cdot A_n \text{(2.5.1-3)} \\ &= 415.00 \times 499.158 \\ &= 207150.45 \text{ N} \\ &= 20715.045 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$4920.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 20715.045 \text{ Kg}$$

$$4920.000 \text{ Kg} \leq 18643.541 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok}$$

3.4.4 Desain Komponen Struktur Tekan pada Property PIPS25

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

$$R_u \leq \phi R_n \text{ -----} (2.5.2-1)$$

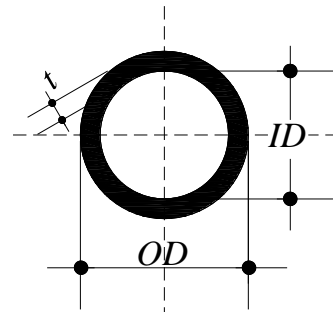
Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

Untuk kondisi tekan, penampang diklasifikasikan sebagai elemen nonlansing atau penampang elemen-lansing. Untuk profil elemen nonlansing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen lansing.

$$D/t \geq 0.11 \times \frac{E}{F_y} \text{ -----} \text{Lansing}$$

Diketahui :

- Diameter Luar (OD) = 73.15 mm
- Diameter Dalam (ID) = 63.50 mm
- Tebal (Thickness) = 4.83 mm
- Luas Penampang (A_g) = 499.1577 mm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (F_y) = 240 MPa



$$D/t \geq 0.1 \times \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{73.15}{4.83} \geq 0.11 \times \frac{210000.00}{240.00}$$

$$15.158 \leq 96.25 \text{ -----} \text{Non Lansing}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 4.47 m
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} x (R_1^4 - R_2^4) \\
 &= \frac{3.14}{64} x (73.15^4 - 63.50^4) \\
 &= 607220.22 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{607220.217}{499.158}} \\
 &= 34.8782 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{K \times L}{r} < 200 \text{ ----- (2.5.2-4)}$$

$$\frac{4470.000}{34.878} < 200$$

$$128.160 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

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

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.5.1-2)}$$

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 :

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

$$\frac{4470}{34.878} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{210000.00}{240}}$$

$$128.16 \leq 139.324 \text{ ----- Maka Digunakan } F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

Dimana :

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3.14^2 \times 210000.00}{128.160^2}$$

$$= 126.058 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis ditentukan sebagai berikut:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \text{----- (2.5.2-5)}$$

$$= \left(0.658 \frac{240.000}{126.058} \right) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 108.177 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal

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

$$= 108.177 \times 499.158$$

$$= 53997.442$$

Kontrol Kekuatan tekan

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$4920.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 53997.442 \text{ Kg}$$

$$4920.000 \text{ Kg} \leq 48597.698 \text{ Kg} \text{-----} Ok$$

3.4.5 Desain komponen Struktur Tarik pada Property PIPS50

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

$$Ru \leq \phi Rn \text{(2.3.1-1)}$$

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) = 141.22 mm
- Diameter Dalam (ID) = 129.03 mm

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \phi OD - 0.25 \times 3.14 \times \phi ID \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 141.22^2 - 0.25 \times 3.14 \times 129.03^2 \\ &= 2586.5445 \text{ mm}^2 \\ &= 0.002587 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Batas Leleh Tarik pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} P_n &= F_y \cdot A_g \text{(2.5.1-2)} \\ &= 240.00 \times 2586.545 \\ &= 620770.68 \text{ N} \\ &= 62077.068 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$\begin{aligned} Ru &\leq \phi Rn \\ Pu &\leq 0.9 \times P_n \\ 37800.000 \text{ Kg} &\leq 0.9 \times 62077.068 \text{ Kg} \\ 37800.000 \text{ Kg} &\leq 55869.361 \text{ Kg} \text{ Ok} \end{aligned}$$

Batas Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\begin{aligned} P_n &= F_u \cdot A_n \text{(2.5.1-3)} \\ &= 415.00 \times 2586.545 \\ &= 1073415.97 \text{ N} \\ &= 107341.597 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol batas leleh tarik pada penampang bruto.

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$37800.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 107341.597 \text{ Kg}$$

$$37800.000 \text{ Kg} \leq 96607.437 \text{ Kg} \text{ -----} Ok$$

3.4.6 Desain Komponen Struktur Tekan pada Property PIPS50

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

$$R_u \leq \phi R_n \text{ -----} (2.5.2-1)$$

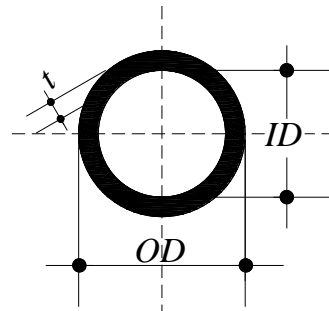
Klasifikasi Penampang untuk tekuk lokal

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) = 141.22 mm
- Diameter Dalam (ID) = 129.03 mm
- Tebal (Thickness) = 6.10 mm
- Luas Penampang (A_g) = 2586.5445 mm²
- Modulus Elastisitas (E) = 210000 MPa
- Tegangan Leleh (F_y) = 240 MPa



$$D/t \geq 0.1 \times \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{141.22}{6.10} \geq 0.11 \times \frac{210000.00}{240.00}$$

$$23.167 \leq 96.25 \text{ -----} Non \text{ Langsing}$$

Panjang Efektif

- Faktor Panjang Efektif (K) = 1
- Panjang Batang (L) = 2.49 m
- Radius Girasi (r) = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} x (R_1^4 - R_2^4) \\
 &= \frac{3.14}{64} x (141.22^4 - 129.03^4) \\
 &= 5915665.76 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Maka Radius girasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{5915665.761}{2586.545}} \\
 &= 47.8236 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{K \times L}{r} < 200 \text{ ----- (2.5.2-4)}$$

$$\frac{2490.000}{47.824} < 200$$

$$52.066 < 200 \text{ ----- Ok}$$

Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing

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

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \text{ ----- (2.5.1-2)}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{KL}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ----- } F_{cr} &= \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \\
 \frac{KL}{r} \geq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ----- } F_{cr} &= 0.877 \cdot F_e
 \end{aligned}$$

maka :

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

$$\frac{2490}{47.824} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{210000.00}{240}}$$

$$52.066 \leq 139.324 \quad \text{Maka Digunakan} \quad F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

Dimana :

Tegangan Tekuk Kritis elastis di tentukan Sebagai Berikut :

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

$$= \frac{3.14^2 \times 210000.00}{52.066^2}$$

$$= 763.772 \text{ MPa}$$

Tegangan Kritis ditentukan sebagai berikut:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y \quad \text{-----} \quad (2.5.2-5)$$

$$= \left(0.658 \frac{240.000}{763.772} \right) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 210.423 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Nominal

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

$$= 210.423 \times 2586.545$$

$$= 544267.392$$

Kontrol Kekuatan tekan

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$37800.000 \text{ Kg} \leq 0.9 \times 544267.392 \text{ Kg}$$

$$37800.000 \text{ Kg} \leq 489840.653 \text{ Kg} \quad \text{-----} \quad Ok$$

Tabel 3.15 Kontrol Dimensi Batang

| No. | Property | Panjang (m) | Kondisi Batang | Kekuatan Perlu (Kg) | Kekuatan Nominal (Kg) | Keterangan |
|-----|-------------------|-------------|----------------|---------------------|-----------------------|------------|
| 1 | Property PIP.S.15 | 3.000 | Tekan | 1140.000 | 18643.541 | Ok |
| | | 3.000 | Tarik | 838.678 | 18982.576 | Ok |
| 2 | Property PIP.S.25 | 4.470 | Tekan | 4920.000 | 18643.541 | Ok |
| | | 4.470 | Tarik | 5440.000 | 48597.698 | Ok |
| 3 | Property PIP.S.50 | 2.490 | Tekan | 37800.000 | 96607.437 | Ok |
| | | 2.355 | Tarik | 19300.000 | 489840.653 | 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/Cm^2 - 3500 Kg/Cm^2
Digunakan : $f_y = 3500.00 \text{ Kg/Cm}^2$
- Gaya Tekan Maksimum yang terjadi pada baja pipa :
 - Property PIP.S.15 = 1140.00 Kg
 - Property PIP.S.25 = 4920.00 Kg
 - Property PIP.S.50 = 37800.00 Kg

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

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

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

Tabel untuk sambungan sistem Mero Lampiran 3

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 H 25 x 17 - 11

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos(\alpha)} \right) \\
 &= \left(\frac{0.5 \times 1.7000}{\cos(30^\circ)} \right) \\
 &= 0.981 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left(\frac{0.5 \times \text{Hex Hole}}{\cos(\alpha)} \right) \\
 &= \left(\frac{0.5 \times 1.1000}{\cos(30^\circ)} \right) \\
 &= 0.635 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \\
 &= 0.5 \times 1.700 - 1.100 \\
 &= 0.300 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \\
 &= 6.00 \times \frac{0.981 + 0.635}{2} \times 0.3000 \\
 &= 1.455 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= a + \tan \alpha \times 0.5 \times (\text{Type Of Wrench}) \times 2 \\
 &= 0.981 + \left[\tan 30^\circ \times 0.5 \times 1.7 \right] \times 2 \\
 &= 1.9630 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk M 10 x 50

$$\begin{aligned}
 P &= 0.90 \times F_y \times A_g \\
 &= 0.90 \times 3500.00 \times 1.455 \\
 &= 4583.006437
 \end{aligned}$$

P Max. Terjadi < P Max. Rencana

$$1140.000 \text{ Kg} < 4583.006 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

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

Direncanakan Menggunakan baut = M_{16 x 80}

Tipe Hexagon = H_{40 x 24 - 17}

Tabel untuk sambungan sistem Mero Lampiran 3

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 H 40 x 24 - 17

$$a = \frac{(0.5 \times Wrench)}{\cos(\alpha)}$$

$$= \frac{(0.5 \times 2.4000)}{\cos(30^\circ)}$$

$$= 1.386 \text{ Cm}$$

$$b = \frac{(0.5 \times Hex \text{ Hole})}{\cos(\alpha)}$$

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

$$= 0.981 \text{ Cm}$$

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

$$= 0.5 \times 2.400 - 1.700$$

$$= 0.350 \text{ Cm}$$

$$A = 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t$$

$$= 6.00 \times \frac{1.386 + 0.981}{2} \times 0.3500$$

$$= 2.485 \text{ Cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d &= a + \tan \alpha \times 0.5 \times \text{Type Of Wrench} \times 2 \\
 &= 1.386 + \left(\tan 30^\circ \times 0.5 \times 2.4 \right) \times 2 \\
 &= 2.7713 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk M 16 x 80

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times F_y \times A_g \\
 &= 0,90 \times 3500.00 \times 2.485 \\
 &= 7829.302663
 \end{aligned}$$

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

$$4920.000 \text{ Kg} < 7829.303 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

• **Perencanaan Hexagon pada Property PIP.S.50**

Direncanakan Menggunakan baut = M_{30 x 150}

Tipe Hexagon = H_{75 x 51 - 32}

Tabel untuk sambungan sistem Mero Lampiran 3

Keterangan Design :

- Insert to Node = 72.00 mm
- Conus Insert = 48.00 mm
- Hexagon Length = 120.00 mm
- Type Of Wrench = 51.00 mm
- Hex Hole = 32.00 mm

Untuk Hexagon/Hexnut tipe H 75 x 51 - 32

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos(\alpha)} \right) \\
 &= \left(\frac{0.5 \times 5.1000}{\cos(30^\circ)} \right) \\
 &= 2.944 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \left(\frac{0.5 \times \text{Hex Hole}}{\cos(\alpha)} \right) \\
 &= \left(\frac{0.5 \times 3.2000}{\cos(30^\circ)} \right) \\
 &= 1.848 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \\
 &= 0.5 \times 5.100 - 3.200 \\
 &= 0.950 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \\
 &= 6.00 \times \frac{2.944 + 1.848}{2} \times 0.9500 \\
 &= 13.657 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= a + \tan \alpha \times 0.5 \times (\text{Type Of Wrench}) \times 2 \\
 &= 2.944 + \left[\tan 30^\circ \times 0.5 \times 5.1 \right] \times 2 \\
 &= 5.8890 \text{ Cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk M 30 x 150

$$\begin{aligned}
 P &= 0,90 \times F_y \times A_g \\
 &= 0,90 \times 3500,00 \times 13,657 \\
 &= 43020,24495
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ Max. Terjadi} &< P \text{ Max. Rencana} \\
 37800,000 \text{ Kg} &< 43020,245 \text{ Kg} \text{-----} \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

4.1.2 Perencanaan Conus

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

Direncanakan Conus Menggunakan :

- Kegunaan = Tutup Ujung Pipa
- Jenis Bahan = Baja Masif
- Standart Kualitas = JIS (STK 41)
- Tegangan Leleh = 2200 Kg/Cm² - 3500 Kg/Cm²

Digunakan : $f_y = 280.000 \text{ MPa}$

- Diameter Conus = 1.50 " - 5.00 " atau 38.10 mm - 127.00 mm

Diameter conus yang digunakan tergantung pada tipe pipa, 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 :

- Property PIP.S.15 = 1140.00 Kg
- Property PIP.S.25 = 4920.00 Kg
- Property PIP.S.50 = 37800.00 Kg

Table 4.1. Dimensi Diameter Conus pada Hexagon

| Type Bolt | Diameter Hex (mm) | Type Hexagon | Gaya Tekan Maksimum terjadi (Kg) | Max. Compression (Kg) |
|------------|-------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|
| M 10 x 50 | 19.630 | H 25 x 17 - 11 | 1140.00 | 2.111 |
| M 16 x 80 | 27.713 | H 40 x 24 - 17 | 4920.00 | 3.016 |
| M 30 x 150 | 58.890 | H 75 x 51 - 32 | 37800.00 | 19.817 |

Sumber : PT. Binatama Akrindo

Perhitungan tebal minimum Conus untuk property PIP.S.15

- Diameter (ϕ) Luar = 48.26 mm
- Diameter (ϕ) Dalam = 41.15 mm
- Wall Thickness (t) = 3.56 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned} tw_c &= \frac{\phi \cdot Pmax}{F_y} \\ &= \frac{0.9 \times 11400.00}{280} \\ &= 36.64286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned} A. \text{ Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 - 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 48.26^2 - 0.25 \times 3.14 \times 41.15^2 \\ &= 1828.29 - 1329.13 \\ &= 499.16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned} A. \text{ Perlu} &\leq A. \text{ Desain} \\ 36.6 \text{ mm}^2 &\leq 499.16 \text{ mm}^2 \text{ -----} Ok \end{aligned}$$

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

Perhitungan tebal minimum Conus untuk property PIP.S.25

- Diameter (Ø) Luar = 73.15 mm
- Diameter (Ø) Dalam = 63.50 mm
- Wall Thickness (t) = 4.83 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned} tw_c &= \frac{\Phi \cdot Pmax}{Fy} \\ &= \frac{0.9 \times 49200.00}{280} \\ &= 158.14286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned} A. \text{ Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 - 0.25 \times 3.14 \times \text{ØOD}^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 73.15^2 - 0.25 \times 3.14 \times 63.50^2 \\ &= 4200.70 - 3165.32 \\ &= 1035.39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$A. Perlu \leq A. Desain$$

$$158.1 \text{ mm}^2 \leq 1035.39 \text{ mm}^2 \text{} Ok$$

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

Perhitungan tebal minimum Conus untuk property PIP.S.50

- Diameter (\emptyset) Luar = 141.22 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 129.03 mm
- Wall Thickness (t) = 6.10 mm

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned} tw_c &= \frac{\Phi \cdot Pmax}{Fy} \\ &= \frac{0.9 \times 378000.00}{280} \\ &= 1215.00000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned} A. Desain &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \emptyset OD^2 - 0.25 \times 3.14 \times \emptyset OD^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 141.2^2 - 0.25 \times 3.14 \times 129.0^2 \\ &= 15656.21 - 13069.67 \\ &= 2586.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$A. Perlu \leq A. Desain$$

$$1215.0 \text{ mm}^2 \leq 2586.54 \text{ mm}^2 \text{} Ok$$

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 | 48.260 | 19.630 | 3.556 | 50.00 |
| 2 | Property PIP.S.25 | 73.152 | 27.713 | 4.826 | 70.00 |
| 3 | Property PIP.S.50 | 141.224 | 58.890 | 6.096 | 100.00 |

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3 Perencanaan Baut

Baut yang direncanakan harus di kontrol terhadap kekuatan tariknya, karena baut hanya bekerja pada saat batang mengalami aksi tarik.

Direncanakan baut :

- Kegunaan = Menahan Gaya Tarik
- Standart Kualitas = JIS B 1180
- Strength Grade = T8.8
- Jenis Ulir = Ulir Kasar
- Gaya Tarik Maksimum yang terjadi pada baja pipa :
 - Property PIP.S.15 = 838.678 Kg
 - Property PIP.S.25 = 5440.000 Kg
 - Property PIP.S.50 = 19300.000 Kg
- Gaya Geser Maksimum yang terjadi pada baja pipa :
 - Property PIP.S.15 = 0.000 Kg
 - Property PIP.S.25 = 0.000 Kg
 - Property PIP.S.50 = 15.800 Kg

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

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

$$R_u \leq \phi R_n$$

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 :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \\ &= 620.00 \times 78.50 \\ &= 48670.00 \text{ N} \\ &= 4867.00 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi R_n \\ R_u &\leq 0.75 \times R_n \\ 838.678 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 4867.000 \text{ Kg} \\ 838.678 \text{ Kg} &\leq 3650.2500 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok} \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \\ &= 457.00 \times 78.50 \\ &= 35874.50 \text{ N} \\ &= 3587.45 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$Ru \leq \phi Rn$$

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$0.000 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 3587.450 \text{ Kg}$$

$$0.000 \text{ Kg} \leq 2690.5875 \text{ Kg} \text{ -----} Ok$$

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

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

$$Ru \leq \phi Rn$$

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut (ϕ) = 16.00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} Ag &= 0.25 \times 3.14 \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 16.000^2 \\ &= \mathbf{200.9600 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} Rn &= Fn \times Ab \\ &= 620.00 \times 200.96 \\ &= 124595.20 \text{ N} \\ &= 12459.52 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$5440.000 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 12459.520 \text{ Kg}$$

$$5440.000 \text{ Kg} \leq 9344.6400 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

Kuat Geser rencana baut :

$$R_n = F_{nt} \times A_b$$

$$= 457.00 \times 200.96$$

$$= 91838.72 \text{ N}$$

$$= 9183.87 \text{ Kg}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$0.000 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 9183.872 \text{ Kg}$$

$$0.000 \text{ Kg} \leq 6887.9040 \text{ Kg} \text{ ----- } Ok$$

- **Perencanaan Baut pada Property PIP.S.50**

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

$$R_u \leq \phi R_n$$

Direncanakan menggunakan Baut ASTM A325 dengan ketentuan :

- Diameter Baut (ϕ) = 30.00 mm
- Kekuatan Tarik Min. = 620 MPa
- Kekuatan Geser Min. = 457 MPa

Luas Penampang baut :

$$\begin{aligned} A_g &= 0.25 \times 3.14 \times D^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 30.000^2 \\ &= 706.5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat tarik rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \\ &= 620.00 \times 706.50 \\ &= 438030.00 \text{ N} \\ &= 43803.00 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$19300.000 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 43803.000 \text{ Kg}$$

$$19300.000 \text{ Kg} \leq 32852.2500 \text{ Kg} \text{-----} \text{Ok}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \\ &= 457.00 \times 706.50 \\ &= 322870.50 \text{ N} \\ &= 32287.05 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$15.800 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 32287.050 \text{ Kg}$$

$$15.800 \text{ Kg} \leq 24215.2875 \text{ Kg} \text{-----} \text{Ok}$$

Maka dimensi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Table 4.3. Dimensi Baut

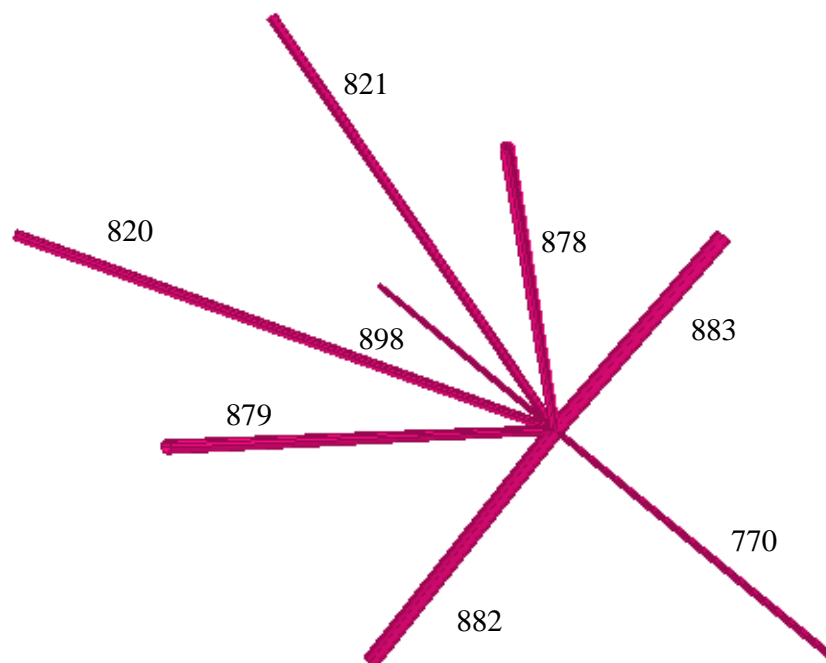
| Property | Dimensi Baut ASTM A325 | Kuat Tarik Minimum (F_{nt}) | Kuat Geser Minimum (F_{nv}) |
|-------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Property PIP.S.15 | M 10 | 620 MPa | 457 MPa |
| Property PIP.S.25 | M 16 | 620 MPa | 457 MPa |
| Property PIP.S.50 | M 30 | 620 MPa | 457 MPa |

4.1.4 Perencanaan Bola Baja

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 : $f_y = 3700$ Kg/Cm²

Perencanaan Ball Joint pada Node 236



Gambar 4.1. Penomoran batang pada Node 2366

Tabel 4.4. Keterangan Beam pada Node 86

| No. | Beam | Type Hexagon | Gaya tekan (Kg) | Diameter Hex. |
|---------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
| 1 | Beam No. 820 | H 40 x 24 - 17 | 1820 | 27.71 mm |
| 2 | Beam No. 821 | H 40 x 24 - 17 | 3200 | 27.71 mm |
| 3 | Beam No. 878 | H 40 x 24 - 17 | - | 27.71 mm |
| 4 | Beam No. 879 | H 40 x 24 - 17 | - | 27.71 mm |
| 5 | Beam No. 770 | H 25 x 17 - 11 | 27.923 | 19.63 mm |
| 6 | Beam No. 898 | H 25 x 17 - 11 | - | 19.63 mm |
| 7 | Beam No. 882 | H 75 x 51 - 32 | - | 58.89 mm |
| 8 | Beam No. 883 | H 75 x 51 - 32 | 34100 | 58.89 mm |
| Jumlah | | | 39147.923 | 267.89 mm |

Sumber : Hasil Analisa

Keliling Permukaan tengah bola :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3.14 \times 90.00 \\
 &= 282.60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Ball Joint :

$$\begin{aligned}
 K_{\text{Perlu}} &\leq K_{\text{Desain}} \\
 267.89 \text{ mm} &\leq 282.60 \text{ mm} \text{ -----} \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

Dari perencanaan ball joint (diambil yang memiliki sudut antar 2 batang yang kecil) di dapat type ball joint yang digunakan ialah N90, 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° (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.

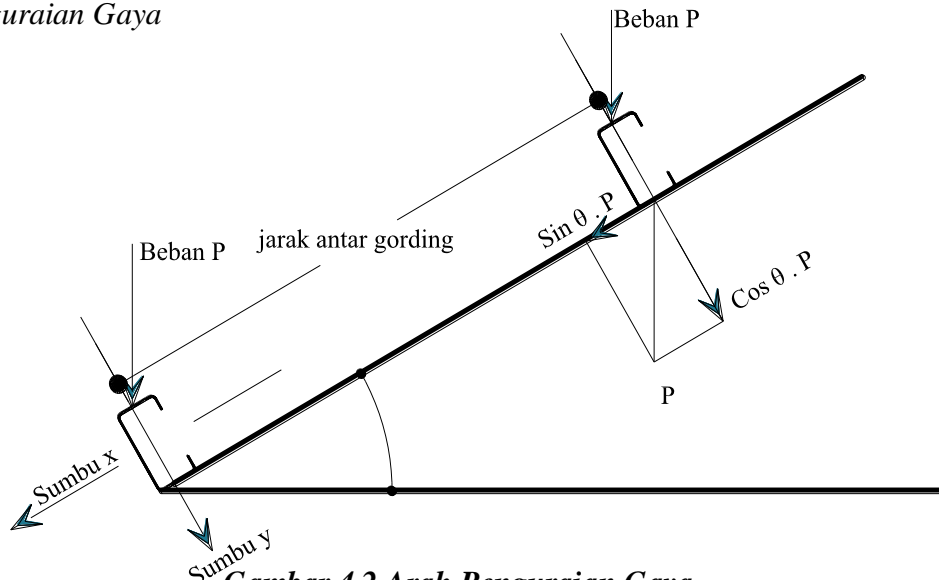
4.2 Analisa Perletakan Gording

Untuk perletakan gording pada ball joint disambung dengan menggunakan baja profil L dan di tumpu oleh baja pipa, conus dan hexagon untuk meneruskan gaya tekan ke ball joint.

Diketahui :

- Sudut Kemiringan atap = $0.0^\circ - 36.667^\circ$
 - Beban mati = 35.112 Kg
 - Air hujan = 138.468 Kg
-
- Jumlah gaya tekan = 173.580 Kg

Penguraian Gaya



Gambar 4.2 Arah Penguraian Gaya

Gaya Arah X (gaya geser)

$$\begin{aligned}
 P_x &= \text{Sina} \times P \\
 &= \text{Cos } 36.67^\circ \times 173.580 \text{ Kg} \\
 &= 139.232 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah X (gaya geser)

$$\begin{aligned}
 P_x &= \text{Sina} \times P \\
 &= \text{Sin } 0.00 \times 173.580 \text{ Kg} \\
 &= 0.000 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah y (gaya Tekan)

$$\begin{aligned}
 P_y &= \text{Cos} \alpha \times P \\
 &= \text{Sin } 36.67^\circ \times 173.580 \text{ Kg} \\
 &= 103.655 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Arah y (gaya Tekan)

$$\begin{aligned}
 P_y &= \text{Cos} \alpha \times P \\
 &= \text{Cos } 0.00 \times 173.580 \text{ Kg} \\
 &= 173.580 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- Beban angin tekan = 29.722 Kg
- Beban angin Hisap = 45.574 Kg

Tabel 4.5 Gaya untuk Mendesain Tumpuan Gording

| No | Uraian | Gaya Tekan (Kg) | Gaya Geser (Kg) | Angin Tekan (Kg) | Angin Hisap (Kg) |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | Beban Gording Atap (0^0) | 173.580 | 0.000 | 29.722 | 45.574 |
| 2 | Beban Gording Atap (36.67^0) | 103.655 | 139.232 | 29.722 | 45.574 |
| <i>Diambil yang maksimum</i> | | 173.580 | 139.232 | 29.722 | 45.574 |

Digunakan baja profil $L_{60 \times 60 \times 4}$

- Kegunaan = Tempat perletakan gording Skunder
- Standar Kualitas = JIS G 3101 - SS 400
- Tegangan Leleh (f_y) = 2200 Kg/Cm² - 2500 Kg/Cm²
Digunakan : $f_y = 2400.00$ Kg/Cm²

• **Perencanaan Baut dan Hexagon**

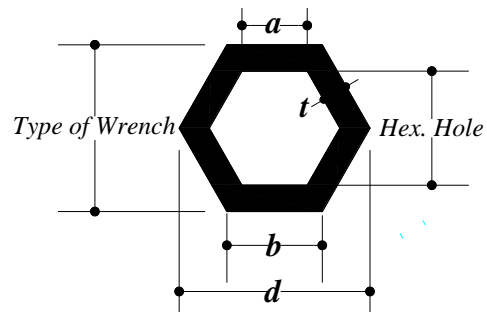
Direncanakan Menggunakan baut = $M_{10 \times 50}$

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

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

Keterangan Design :

- Insert to Node = 15.00 mm
- Conus Insert = 10.00 mm
- Hexagon Length = 25.00 mm
- Type Of Wrench = 17.00 mm
- Hex Hole = 11.00 mm
- Tegangan Leleh (f_y) = 3500.00 Kg/Cm²



Untuk Hexagon/Hexnut tipe H25 x 17 - 11

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{0.5 \times \text{Hex. Hole}}{\cos 30^\circ} \right) \\ &= \left(\frac{0.5 \times 1.1000}{\cos (30^\circ)} \right) \\ &= 0.635 \text{ Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \left(\frac{0.5 \times \text{Wrench}}{\cos 30^\circ} \right) \\ &= \left(\frac{0.5 \times 1.7000}{\cos (30^\circ)} \right) \\ &= 0.981 \text{ Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= 0.5 \times (\text{Type Of Wrench} - \text{Hex Hole}) \\ &= 0.5 \times 1.700 - 1.100 \\ &= 0.300 \text{ Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= 6.00 \times \frac{(a + b)}{2} \times t \\ &= 6.00 \times \frac{0.635 + 0.981}{2} \times 0.3000 \\ &= 1.455 \text{ Cm}^2 \end{aligned}$$

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

Kapasitas Tekan Maksimum Untuk H25 x 17 - 11

$$\begin{aligned} P &= 0,90 \times F_y \times A_g \\ &= 0.90 \times 2400.00 \times 1.455 \\ &= 3142.632985 \end{aligned}$$

P Max. Rencana > P Max. Terjadi

$$3142.633 \text{ Kg} > 103.655 \text{ Kg} \text{ ----- Ok}$$

Perhitungan tebal Conus

- Diameter (\emptyset) Luar = 49.63 mm
- Diameter (\emptyset) Dalam = 45.03 mm
- Wall Thickness (t) = 2.30 mm
- Tegangan Leleh (F_y) = 240.00 MPa

Luas Perlu minimum Penampang Conus yang disambung pada pipa.

$$\begin{aligned} t_{w_c} &= \frac{\Phi \cdot P_{max}}{F_y} \\ &= \frac{0.9 \times 103.66}{240} \\ &= 0.389 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tebal conus sama dengan tebal pipa yang akan disambung.

$$\begin{aligned} A_{Desain} &= \text{Luas Permukaan Luar Pipa} - \text{Luas Permukaan Dalam Pipa} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times \emptyset OD^2 - 0.25 \times 3.14 \times \emptyset ID^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 49.63^2 - 0.25 \times 3.14 \times 45.03^2 \\ &= 1933.562 - 1591.75 \\ &= 341.82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Tebal Conus

$$\begin{aligned} A_{Perlu} &\leq A_{Desain} \\ 0.389 \text{ mm}^2 &\leq 341.82 \text{ mm}^2 \text{ ----- Ok} \end{aligned}$$

• Perencanaan Baut

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

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

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 :

$$\begin{aligned} R_n &= F_n \times A_b \\ &= 620.00 \times 78.50 \\ &= 48670.00 \text{ N} \\ &= 4867.00 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan tarik Baut :

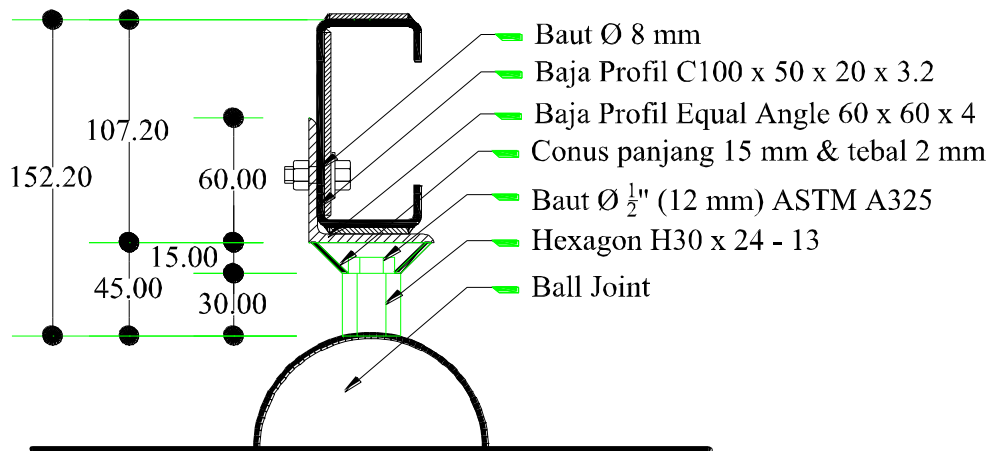
$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ R_u &\leq 0.75 \times R_n \\ 45.574 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 4867.000 \text{ Kg} \\ 45.574 \text{ Kg} &\leq 3650.2500 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok} \end{aligned}$$

Kuat Geser rencana baut :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \\ &= 457.00 \times 78.50 \\ &= 35874.50 \text{ N} \\ &= 3587.45 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi \cdot R_n \\ R_u &\leq 0.75 \times R_n \\ 139.232 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 3587.450 \text{ Kg} \\ 139.232 \text{ Kg} &\leq 2690.5875 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok} \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Detail Tumpuan Gording

4.3 Sambungan Gording Menerus

Panjang gording yang digunakan adalah 120,00 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 4.6 Gaya yang Terjadi pada Gording Atap No. 2

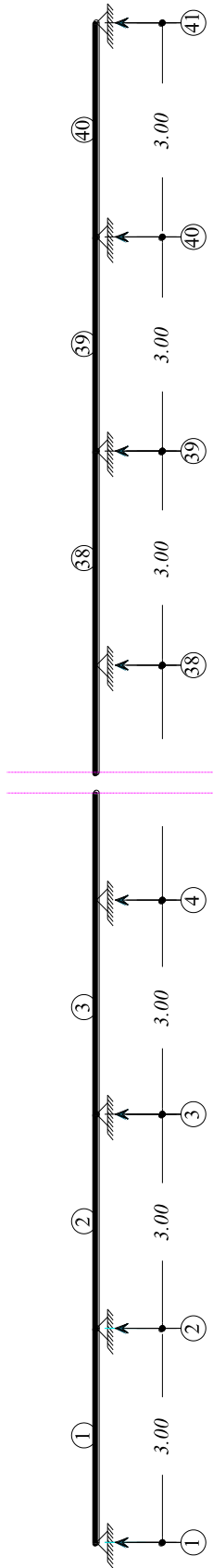
| Nomor Joint | Nomor Batang | Geser akibat beban | | Momen akibat beban | |
|-------------|--------------|--------------------|-------------|--------------------|---------------|
| | | Arah X (Kg) | Arah Y (Kg) | Arah X (Kg.m) | Arah Y (Kg.m) |
| 3 | 2 | 77.020 | 119.989 | 37.901 | 59.084 |
| | 3 | 80.394 | 125.201 | 37.901 | 59.084 |
| 5 | 4 | 81.295 | 126.582 | 40.604 | 63.227 |
| | 5 | 81.536 | 126.948 | 40.604 | 63.227 |
| 7 | 6 | 81.600 | 127.044 | 40.799 | 63.518 |
| | 7 | 81.617 | 127.070 | 40.799 | 63.518 |
| 9 | 8 | 81.622 | 127.079 | 40.811 | 63.538 |
| | 9 | 81.623 | 127.080 | 40.811 | 63.538 |
| 11 | 10 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 11 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 13 | 12 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 13 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 15 | 14 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 15 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 17 | 16 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 17 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 19 | 18 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 19 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |

| | | | | | |
|----|----|--------|---------|--------|--------|
| 21 | 20 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 21 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 23 | 22 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 23 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 25 | 24 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 25 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 27 | 26 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 27 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 29 | 28 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 29 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 31 | 30 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| | 31 | 81.623 | 127.079 | 40.812 | 63.540 |
| 33 | 32 | 81.623 | 127.079 | 40.811 | 63.538 |
| | 33 | 81.622 | 127.077 | 40.811 | 63.538 |
| 35 | 34 | 81.617 | 127.070 | 40.797 | 63.518 |
| | 35 | 81.600 | 127.044 | 40.797 | 63.518 |
| 37 | 36 | 81.536 | 126.947 | 40.604 | 63.227 |
| | 37 | 81.295 | 126.581 | 40.604 | 63.227 |
| 39 | 38 | 80.394 | 125.021 | 37.901 | 59.084 |
| | 39 | 77.020 | 119.985 | 37.901 | 59.084 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka digunakan gaya paling besar yang terjadi :

- Gaya Geser (V_u) = 127.080 Kg
- Gaya Tarik (P_u) = 81.623 Kg
- Momen (M_{ux}) = 40.812 Kg.m
- Momen (M_{uy}) = 63.540 Kg.m



Gambar 4.4 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_p) = 3.200 mm
- Lebar pelat badan (w_n) = $b - 2 \times (r_o + t)$
 = 50.000 - 2 x [3.00 + 3.20]
 = 37.600 mm
- Lebar pelat badan (w_n) = $b - 2 \times (r_o + t)$
 = 100.000 - 2 x [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.

$$\begin{aligned}
 M_n &= \Phi \times Z_x \times F_y \\
 &= 0.9 \times 21.300 \times 1764.000 \\
 &= 33815.880 \text{ Kg.Cm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 90\% \times M_{ux} & M_{uy} &= 90\% \times M_{uy} \\ &= 90\% \times 52.620 & &= 90\% \times 63.540 \\ &= 47.358 \text{ Kg.m} & &= 57.186 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

Gaya tarik yang terjadi akibat momen lentur adalah :

$$\begin{aligned} T_{ux} &= \frac{M_{ux}}{B + t_{pf}} & T_{uy} &= \frac{M_{uy}}{H + t_{pf}} \\ &= \frac{47358.000}{50.00 \times 3.20} & &= \frac{57186.000}{100.00 \times 3.20} \\ &= 295.988 \text{ Kg} & &= 178.706 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Periksa pelat penyambung terhadap kondisi leleh :

$$\begin{aligned} t_{min} &= \frac{T_{ux}}{0,9 \times w_n \times F_y} \text{ ----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\ &= \frac{2959.875}{0.9 \times 37.600 \times 245.000} \\ &= 0.357 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$0.357 \text{ mm} \leq 3.200 \text{ mm} \text{ ----- Ok}$$

$$\begin{aligned} t_{min} &= \frac{T_{uy}}{0,9 \times t_{pf} \times F_y} \text{ ----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\ &= \frac{178.706}{0.9 \times 3.200 \times 245.000} \\ &= 0.253 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$t_{min} \leq w_n$$

$$0.253 \text{ mm} \leq 37.600 \text{ mm} \text{ ----- Ok}$$

Periksa pelat penyambung terhadap kondisi fraktur :

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{ux}}{0,75 \times w_n \times U \times F_u} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{2959.875}{0.75 \times 37.600 \times 1 \times 450.000} \\
 &= 0.233 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{min} &\leq t_{pf} \\
 0.233 \text{ mm} &\leq 3.200 \text{ mm} \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \frac{T_{uy}}{0,75 \times t_{pf} \times U \times F_u} \text{----- Agus Setiawan Jilid 2 Hal 343} \\
 &= \frac{178.706}{0.75 \times 3.200 \times 1 \times 450.000} \\
 &= 0.165 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{min} &\leq w_n \\
 0.165 \text{ mm} &\leq 37.600 \text{ mm} \text{----- Ok}
 \end{aligned}$$

Pelat Penyambung Web (Badan)

$$V_n = 338.688 \text{ Kg}$$

$$M_{ux} = 10\% \times M_{ux}$$

$$= 10\% \times 52.620$$

$$= 5.262 \text{ Kg.m}$$

$$M_{uy} = 10\% \times M_{uy}$$

$$= 10\% \times 63.540$$

$$= 6.354 \text{ Kg.m}$$

$$A_g = \text{Lebar} \times \text{Tebal}$$

$$= 87.600 \times 3.200$$

$$= 280.32 \text{ mm}^2$$

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

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

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 4.7 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)

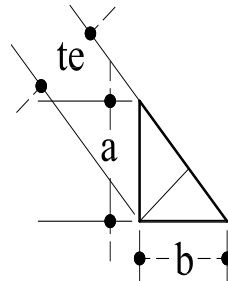
Maka ketebalan maksimal las adalah = 3.000 mm

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*)

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times te \times (0,6 \times Fuw) \\ &= 0,75 \times 2.262 \times 0,60 \times 485,00 \\ &= 493,77 \text{ N/mm} \\ &= 49,377 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times tpf \times (0,6 \times Fu) \\ &= 0,75 \times 3.200 \times 0,60 \times 450,00 \\ &= 648,00 \text{ N/mm} \\ &= 64,800 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}Lw &= \frac{Tux}{\Phi.Rnw} & Lw &= \frac{Tuy}{\Phi.Rnw} \\ &= \frac{295,988}{49,377} & &= \frac{178,706}{64,800} \\ &= 5,994 \text{ mm} & &= 2,758 \text{ mm}\end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} A_{we} &= \textit{Throat Efektif} \times \textit{Panjang Efektif} \\ &= 2.262 \times 5.99 \text{ mm} \\ &= 13.56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} A_{BM} &= \textit{Panjang Las} \times \textit{tebal} \\ &= 5.9945 \times 3.200 \\ &= 19.18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 450.00 \times 19.182 \\ &= 8632.02 \text{ N} \\ &= \mathbf{863.20 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

- Untuk Logam dasar pada badan

$$\begin{aligned} Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 450.00 \times 21.950 \\ &= 9877.31 \text{ N} \\ &= \mathbf{987.73 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

- Untuk Logam las pada sayap

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times Awe \\
 &= 485.00 \times 13.562 \\
 &= 6577.50 \text{ N} \\
 &= \mathbf{657.75 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

- Untuk Logam las pada badan

$$\begin{aligned}
 Rn &= F_{nw} \times Awe \\
 &= 485.00 \times 15.518 \\
 &= 7526.40 \text{ N} \\
 &= \mathbf{752.64 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain logam dasar pada badan :

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

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$338.688 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 987.731 \text{ Kg}$$

$$338.688 \text{ Kg} \leq 740.798 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

Kontrol Kekuatan desain logam pengisi pada badan :

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

$$Ru \leq 0.75 \times Rn$$

$$338.688 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 752.640 \text{ Kg}$$

$$338.688 \text{ Kg} \leq 564.480 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

4.4 Analisa Base Plate

Tabel 4.8 Reaksi Maksimum dan Minimum yang terjadi

Reaction Summary

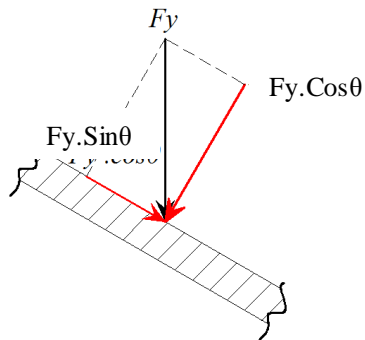
| | Node | L/C | Horizontal | Vertical | Horizontal | Moment | | |
|--------|------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | FX (kg) | FY (kg) | FZ (kg) | MX (kg·m) | MY (kg·m) | MZ (kg·m) |
| Max FX | 52 | 6:1.2D + 1.6Lr | 22.7E+3 | 32.9E+3 | -658.574 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Min FX | 33 | 6:1.2D + 1.6Lr | -15.5E+3 | -11.2E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Max FY | 1225 | 6:1.2D + 1.6Lr | 20.4E+3 | 35.8E+3 | 65.185 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Min FY | 267 | 6:1.2D + 1.6Lr | -10.2E+3 | -12.4E+3 | -1.47E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Max FZ | 1356 | 6:1.2D + 1.6Lr | -8.33E+3 | -11.5E+3 | 1.61E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Min FZ | 34 | 6:1.2D + 1.6Lr | -8.33E+3 | -11.5E+3 | -1.61E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Max MX | 33 | 1:BEBAN MAT | -4.27E+3 | -3.13E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Min MX | 33 | 1:BEBAN MAT | -4.27E+3 | -3.13E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Max MY | 33 | 1:BEBAN MAT | -4.27E+3 | -3.13E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Min MY | 33 | 1:BEBAN MAT | -4.27E+3 | -3.13E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Max MZ | 33 | 1:BEBAN MAT | -4.27E+3 | -3.13E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Min MZ | 33 | 1:BEBAN MAT | -4.27E+3 | -3.13E+3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Sumber : Analisa StaadPro V8i/2007

Gaya yang bekerja pada perletakan tumpuan adalah gaya aksial dan gaya geser maka base plate yang digunakan merupakan base plate kategori A.

Base Plate dianalisa berdasarkan gaya aksial dan gaya geser arah Fx dan Fy yang telah didistribusi, didapat gaya sebagai berikut :

Pendistribusian Gaya

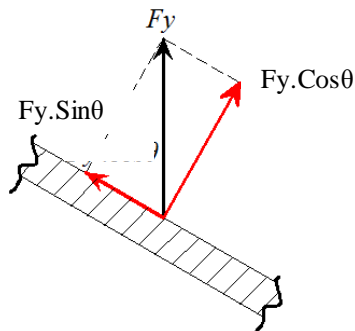


$$\theta = 31^\circ$$

$$Fy_{\max} = 35800.00 \text{ Kg}$$

$$Fy \sin \theta = 35800 \times \sin 31^\circ = 18438.36 \text{ Kg}$$

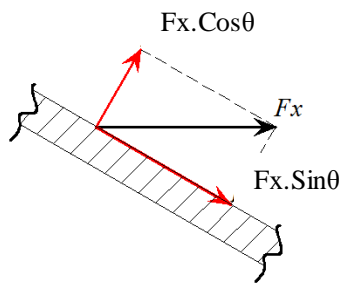
$$Fy \cos \theta = 35800 \times \cos 31^\circ = 30686.59 \text{ Kg}$$



$$Fy_{\min} = 12400.00 \text{ Kg}$$

$$Fy \sin \theta = 12400 \times \sin 31^\circ = 6386.47 \text{ Kg}$$

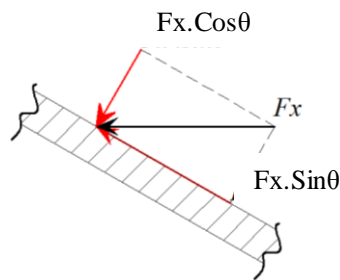
$$Fy \cos \theta = 12400 \times \cos 31^\circ = 10628.87 \text{ Kg}$$



$$F_{x \max} = 22700.00 \text{ Kg}$$

$$F_x \sin \theta = 22700 \times \sin 31^\circ = 11691.36 \text{ Kg}$$

$$F_x \cos \theta = 22700 \times \cos 31^\circ = 19457.70 \text{ Kg}$$

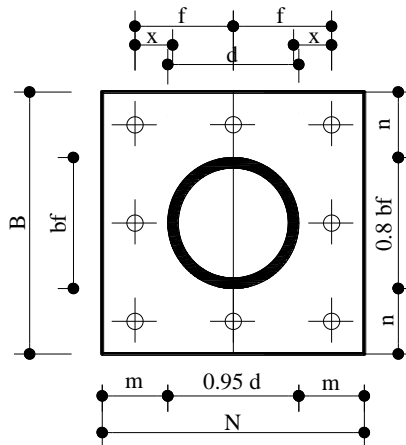


$$F_{x \min} = 15500.00 \text{ Kg}$$

$$F_x \sin \theta = 15500 \times \sin 31^\circ = 7983.09 \text{ Kg}$$

$$F_x \cos \theta = 15500 \times \cos 31^\circ = 13286.09 \text{ Kg}$$

- $Pu_{(\text{tekan})} = F_y \sin \theta + F_x \sin \theta$
 $= 18438.36 + 7983.0902$
 $= 26421.45 \text{ Kg}$
- $Pu_{(\text{tarik})} = F_y \sin \theta + F_x \sin \theta$
 $= 6386.472 + 11691.364$
 $= 18077.84 \text{ Kg}$
- $Vu_x_{(\text{kanan})} = F_y \cos \theta + F_x \cos \theta$
 $= 30686.59 + 19457.698$
 $= 50144.29 \text{ Kg}$
- $Vu_x_{(\text{kiri})} = F_y \cos \theta + F_x \cos \theta$
 $= 10628.87 + 13286.093$
 $= 23914.97 \text{ Kg}$
- $Vu_z_{(\text{depan})} = 1580.00 \text{ Kg}$
- $Vu_z_{(\text{belakang})} = 621.61 \text{ Kg}$



Gambar 4.5 Penampang Base Plate dan Notasi

Direncanakan :

- Lebar (N_{Baja}) = 200.00 mm
- Lebar (B_{Baja}) = 200.00 mm
- Luas Penampang (A_1) = 40000.00 mm²
- Lebar (N_{Beton}) = 200.00 mm
- Lebar (B_{Beton}) = 200.00 mm
- Luas Penampang (A_2) = 40000.00 mm²
- F'c Beton = 25.00 MPa
- Tegangan leleh plat = 240.00 MPa
- Tegangan tarik plat = 415.00 MPa

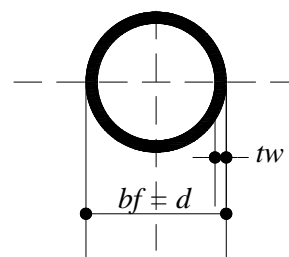
Profil yang akan disambung adalah profil baja pipa dengan dimensi sebagai berikut :

- bf = 141.22 mm
- d = 141.22 mm
- tw = 6.10 mm

Luas Penampang Pipa

- Diameter Luar (OD) = 141.22 mm
- Diameter Dalam (ID) = 129.03 mm

$$\begin{aligned}
 A_g &= 0.25 \times 3.14 \times \phi OD^2 - 0.3 \times 3.14 \times \phi OD^2 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 141.224^2 - 0.25 \times 3.14 \times 129.032^2 \\
 &= 2586.5445 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned} A_{1 (req)} &= \frac{Pu}{fp (Max)} \\ &= \frac{Pu}{0,85 \cdot f'c} \\ &= \frac{264214.532}{0.85 \times 25} \\ &= 12433.6251 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Bantalan Beton

$$\begin{aligned} \frac{Pu}{A_1} &\leq 0,85 \times f'c' \\ \frac{264214.53}{12433.625} &\leq 0.85 \times 25 \\ 21.250 &\leq 21.25 \text{-----} Ok \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp &= 0,85 \cdot f'c \cdot 2 \cdot A_1 \\ &= 0.85 \times 25.0 \times 2 \times 12433.625 \\ &= 528429.065 \text{ N} \\ &= 52842.91 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Bantalan Beton :

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

$$26421.5 \text{ Kg} \leq 0.6 \times 52842.906$$

$$26421.5 \text{ Kg} \leq 31705.74 \text{ Kg} \text{ -----} \text{Ok}$$

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

$$\begin{aligned} A_{1 (req)} &= \frac{P_u}{\Phi \cdot 0,85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{264214.532}{0.6 \times 0.85 \times 25} \\ &= 20722.7084 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mengoptimalkan dimensi base plate.

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{0,95d - 0,8 b_f}{2} \\ &= \frac{0.95 \times 141.22 - 0.80 \times 141.22}{2} \\ &= 10.5918 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \sqrt{A_{1(Req)} + \Delta} \\ &= \sqrt{20722.71 + 10.592} \\ &= 154.5456 \text{ mm} \approx \text{Maka diambil} = \mathbf{400.00 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{A_{1(Req)}}{N} \\ &= \frac{20722.708}{154.546} \\ &= 134.0880 \text{ mm} \approx \text{Maka diambil} = \mathbf{400.00 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Menghitung m, n, dan x

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(N - 0,95d)}{2} \\
 &= \frac{400 - 0,95 \times 141,22}{2} \\
 &= 132,919 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{(B - 0,85bf)}{2} \\
 &= \frac{400 - 0,80 \times 141,22}{2} \\
 &= 143,510 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\left\{ \frac{4d.b_f}{(d + b_f)^2} \right\}^x \frac{Pu}{\phi \cdot P_p}}{\left\{ \frac{4 \times 141,22 \times 141,22}{[141,22 + 141,22]^2} \right\}^x \frac{26421,45}{0,60 \times 680000,000}} \\
 &= 0,065
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{2 \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \\
 &= \frac{2 \sqrt{0,06}}{1 + \sqrt{1 - 0,06}} \\
 &= 0,259
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\lambda \leq 1$$

$$0,259 \leq 1 \text{ -----} Ok$$

$$\begin{aligned}\lambda n' &= \lambda \times \frac{\sqrt{d \cdot bf}}{4} \\ &= 0.259 \times \frac{\sqrt{141.22 \times 141.22}}{4} \\ &= 18.270 \text{ mm}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}t_{min} &= I_{Max} \times \sqrt{\frac{2 \times Pu}{\phi \cdot fy \cdot B \cdot N}} \\ &= 132.919 \times \sqrt{\frac{2 \times 264214.53}{0.60 \times 240.00 \times 400.00 \times 400.00}} \\ &= 20.130 \text{ mm} \approx \text{Maka diambil} = \mathbf{22.00 \text{ mm}}\end{aligned}$$

Kontrol untuk beban Aksial pada landasan beton

$$\begin{aligned}Pu &\leq 0.6 \times P_p \\ 26421.453 \text{ Kg} &\leq 0.6 \times (d + bf)^2 \\ 26421.453 \text{ Kg} &\leq 680000.000 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}Ab &= 0.25 \times 3.14 \times \phi^2 \times n \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 1.600^2 \times 6 \\ &= 12.0576 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Gaya geser terfaktor pada angkur Arah X

$$V_{ub\ x} = \frac{Vu}{n} = \frac{50144.287}{6} = 8357.38 \text{ Kg}$$

- Gaya geser terfaktor pada angkur Arah Z

$$V_{ub\ z} = \frac{Vu}{n} = \frac{1580.000}{6} = 263.33 \text{ Kg}$$

- Tegangan geser yang terjadi pada angkur

$$\begin{aligned}
 f_{vx} &= \frac{V_{ub}}{A_b} & f_{vz} &= \frac{V_{ub}}{A_b} \\
 &= \frac{8357.38}{12.06} & &= \frac{263.33}{12.06} \\
 &= 693.12 \text{ Kg/Cm}^2 & &= 21.84 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 &= 69.31 \text{ MPa} & &= 2.18 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- Untuk Angkur tipe A325 dengan ulir di luar bidang geser

$$\begin{aligned}
 Ft &= 807 - 1,5fv < 621 \\
 &= 807 - 1.5 \times 69.312 \\
 &= 703.03 \text{ MPa} < 621.00 \text{ MPa} \text{ -----} No
 \end{aligned}$$

- Untuk Angkur tipe A307

$$\begin{aligned}
 Ft &= 407 - 1,9fv < 310 \\
 &= 407 - 1.9 \times 69.312 \\
 &= 275.31 \text{ MPa} < 621.00 \text{ MPa} \text{ -----} Ok
 \end{aligned}$$

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

Kontrol gaya geser angkur arah X :

$$\begin{aligned}
 V_{ub} &\leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \\
 8357.381 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 166.00 \times 1205.7600 \\
 8357.381 \text{ Kg} &\leq 150117.120 \text{ N} \\
 8357.381 \text{ Kg} &\leq 15011.712 \text{ Kg} \text{ -----} Ok
 \end{aligned}$$

Kontrol gaya geser angkur arah Z :

$$\begin{aligned}
 V_{ub} &\leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \\
 263.333 \text{ Kg} &\leq 0.75 \times 166.00 \times 1205.7600 \\
 263.333 \text{ Kg} &\leq 150117.120 \text{ N} \\
 263.333 \text{ Kg} &\leq 15011.712 \text{ Kg} \text{ -----} Ok
 \end{aligned}$$

Kontrol gaya tarik angkur :

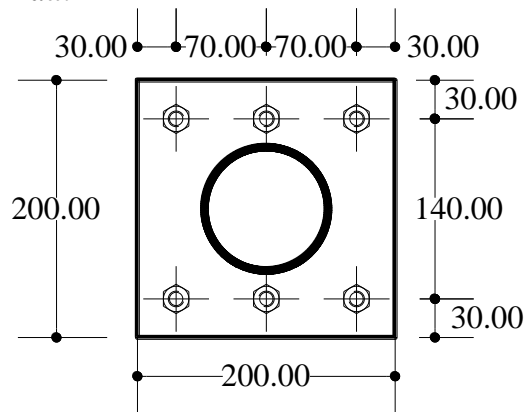
$$T_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b$$

$$18077.836 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 275.31 \times 1205.7600$$

$$18077.836 \text{ Kg} \leq 248965.558 \text{ N}$$

$$18077.836 \text{ Kg} \leq 24896.556 \text{ Kg} \text{-----} \text{Ok}$$

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

$$30.000 \text{ mm} > 22.000 \text{ mm} \text{-----} \text{Ok}$$

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

$$70.000 \text{ mm} > 3 \times 16.000 \text{ mm}$$

$$70.000 \text{ mm} > 48.000 \text{ mm} \text{-----} \text{Ok}$$

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

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \times l_c \times t \times F_u \\ &= 1,20 \times 30 \times 22,00 \times 415,00 \\ &= 328680,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_u &= 2,4 \times d \times t \times F_u \\ &= 2,40 \times 16 \times 22,00 \times 415,00 \\ &= 350592,00 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Geser Baut :

$$R_u \geq \phi \cdot R_n$$

$$350592,00 \text{ N} \geq 0,75 \times R_n$$

$$350592,00 \text{ N} \geq 0,75 \times 328680,00 \text{ N}$$

$$350592,00 \text{ N} \geq 246510,00 \text{ N} \text{ ----- Ok}$$

Perencanaan Sambungan Las

Dasar Desain ϕR_n dan kekuatan yang diizinkan R_n/Ω

$$R_u \leq \phi R_n$$

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 Pipa Sech. 40 Ø 6.0"

Diameter (\emptyset) Luar = 141.22 mm

Diameter (\emptyset) Dalam = 129.03 mm

Wall Thickness (t) = 6.10 mm

Tabel 4.9 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 Pipa Sech. 40 Ø 6.0" = 5.00 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 :

- Baja Pipa Sech. 40 Ø 6.0"

Tebal Profil 6.10 mm > 1/4 " (6,00 mm)

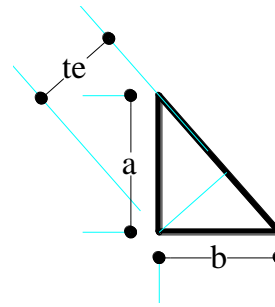
Maka ketebalan maksimal las adalah = 6.10 mm

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 ijinkan :

Tebal Minimum < α < Tebal Maksimum

$$5.00 \text{ mm} < 5.145 < 6.096 \text{ mm} \text{ ----- } Ok$$

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 :

- Baja Pipa Sech. 40 Ø 6.0"

Panjang las Minimum = 4 x Ukuran Las nominal

$$= 4 \times 5.00$$

$$= 20.00 \text{ mm}$$

Kuat Rencana Persatuan Panjang las sudut

Untuk logam pengisi (*Las*)

$$\begin{aligned} \Phi.Rnw &= 0,75 \times te \times (0,6 \times Fuw) \\ &= 0.75 \times 5.145 \times 0.60 \times 485.00 \\ &= 1122.89 \text{ N/mm} \\ &= 112.289 \text{ Kg/mm} \end{aligned}$$

Untuk logam dasar (*Plat Penyambung*) kuat runtuh geser plat.

$$\begin{aligned}\Phi.Rnw &= 0,75 \times te \times (0,6 \times Fu) \\ &= 0.75 \times 5.145 \times 0.60 \times 415.00 \\ &= 960.82 \text{ N/mm} \\ &= 96.082 \text{ Kg/mm}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan :

Akibat gaya Geser.

$$\begin{aligned}Lw &= \frac{Vu}{\Phi.Rnw} \\ &= \frac{50144.287}{112.289} \\ &= 446.566 \text{ mm}\end{aligned}$$

Akibat gaya tarik.

$$\begin{aligned}Lw &= \frac{Tu}{\Phi.Rnw} \\ &= \frac{18077.836}{112.289} \\ &= 160.994 \text{ mm}\end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Throat Efektif} \times \text{Panjang Efektif} \\ &= 5.145 \times 446.566 \\ &= 2297.562 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas Penampang Penyambung :

$$\begin{aligned}A_{BM} &= \text{Tebal} \times \text{Panjang Efektif} \\ &= 6.096 \times 446.566 \\ &= 2722.265 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kekuatan Las

- Kekuatan las Untuk Logam dasar

$$\begin{aligned}Rn &= F_{nBM} \times A_{BM} \\ &= 415.00 \times 2722.265 \\ &= 1129739.90 \text{ N} \\ &= \mathbf{112973.99 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

- Kekuatan las Untuk Logam las

$$\begin{aligned}Rn &= F_{nw} \times A_{we} \\ &= 485.00 \times 2297.562 \\ &= 1114317.49 \text{ N} \\ &= \mathbf{111431.75 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan desain las :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

$$P_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$50144.287 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 112973.990 \text{ Kg}$$

$$50144.287 \text{ Kg} \leq 84730.493 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$

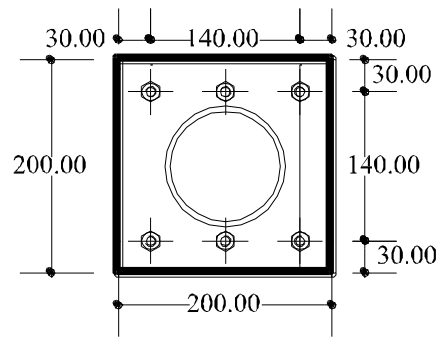
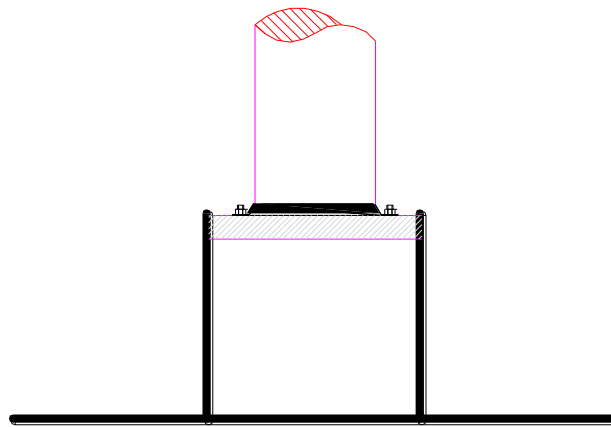
Kontrol Kekuatan desain las :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \times R_n$$

$$50144.287 \text{ Kg} \leq 0.75 \times 111431.749 \text{ Kg}$$

$$50144.287 \text{ Kg} \leq 83573.812 \text{ Kg} \text{ -----} \text{ Ok}$$



Gambar 4.7 Potongan Base Plate

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan ulang struktur atap Stadion Jember Sport Garden dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Baja pipa yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur atap Stadion Jember Sport Garden 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 : 6345 Buah batang
- Jumlah Joint/Simpul : 1677 joint

Diameter yang digunakan :

a. Baja pipa diameter 1.5 “ dengan data sebagai berikut :

- Diameter Luar ($\emptyset OD$) : 48.26 mm
- Diameter Dalam ($\emptyset ID$) : 41.15 mm
- Ketebalan : 3.56 mm
- Luas Penampang : 499.158 mm²

b. Baja pipa diameter 2.5 “ dengan data sebagai berikut :

- Diameter Luar ($\emptyset OD$) : 73.0 mm
- Diameter Dalam ($\emptyset ID$) : 62.7 mm
- Ketebalan : 5.16 mm

- Luas Penampang : 499.158 mm²

c. Baja pipa diameter 5.0 “ dengan data sebagai berikut :

- Diameter Luar (ØOD) : 141.3 mm
- Diameter Dalam (ØID) : 128.2 mm
- Ketebalan : 6.55 mm
- Luas Penampang : 2586.544 mm²

2. Dimensi conus, Hexagon (Hexnut) dan baut yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Dimensi Conus

| No | Property | Dia. Conus Pada Baja Pipa (mm) | Dia. Conus Pada Hexagon (mm) | Tebal (mm) | Panjang (mm) |
|----|-------------------|--------------------------------|------------------------------|------------|--------------|
| 1 | Property PIP.S.15 | 48.260 | 19.630 | 3.556 | 50.00 |
| 2 | Property PIP.S.25 | 73.152 | 27.713 | 4.826 | 70.00 |
| 3 | Property PIP.S.50 | 141.224 | 58.890 | 6.096 | 100.00 |

b. Dimensi Hexagon (Hexnut)

| Type Bolt | Diameter Hex (mm) | Type Hexagon | Gaya Tekan Maksimum terjadi (Kg) | Max. Compression (Kg) |
|------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|------------------------|
| M 10 x 50 | 19.630 | H 25 x 17 - 11 | 1100.00 | 2.111 |
| M 16 x 80 | 27.713 | H 40 x 24 - 17 | 4750.00 | 3.016 |
| M 30 x 150 | 58.890 | H 75 x 51 - 32 | 36600.00 | 19.817 |

c. Dimensi Baut

| Property | Dimensi Baut ASTM A325 | Kuat Tarik Minimum (Fnt) | Kuat Geser Minimum (Fnv) |
|-------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Property PIP.S.15 | M 10 | 620 MPa | 457 MPa |
| Property PIP.S.25 | M 16 | 620 MPa | 457 MPa |
| Property PIP.S.50 | M 30 | 620 MPa | 457 MPa |

d. Dimensi Ball Joint yang digunakan adalah N.120 dan N.150

3. Sambungan las yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Batas minimum tebal las : 5,00 mm
- Batas maksimum las : 5,11 mm
- Panjang Las Minimum : 20,00 mm
- Panjang las yang digunakan : keliling pipa baja
- Tipe Elektroda : E 70
- Tegangan leleh minimum : 495 MPa
- Tegangan Tarik Minimum : 485 Mpa

4. Dari hasil perhitungan di dapat dimensi base plat sebagai berikut :

- Lebar (N) : 200.00 mm
- Panjang (B) : 200.00 mm
- Tebal Plate : 15,00 mm
- Tegangan leleh Plate : 240 Mpa
- Jumlah Angkur : 6 Buah
- Diameter angkur : 16 mm
- Tipe Angkur : ASTM A325

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, semakin lebar ruang dari pembentuk segitiganya (lamdanya besar) maka gaya aksial yang terjadi akan semakin kecil.
3. Dalam perencana sambungan mero sistem di usahakan menggunakan tipe Hexagon/Hexnut sekecil mungkin untuk mendapatkan dimensi baut dan ball joint yang kecil.
4. 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 ruang Space truss di Indonesia yang dapat dijadikan alternatif struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Material, 2006, "*Annual Book of ASTM Standarts*". America. ASTM
- AdrianaL Rionaldhy. 2007. *Desain Software Space Frame Menggunakan MERO Sistem Terintegrasi Dengan SAP2000 VI4.1*. [Skripsi]. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Anonim. Tanpa Tahun. *Table Untuk Sambungan Sistem Mero*. Jakarta: PT.Bimantama Arkindo
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- 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 States of America. American Institute Of Steel Construction,Inc.
- G S Ramaswamy, G R Surech dkk. 2002. "*Analysis, Design and Contruction of Steel Space Frame*". London. Thaomas 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

Irlandianto Mohammad. 2003. *Perencanaan Struktur Atap Stadion Mimika Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dengan Struktur Atap Space frame*. [Skripsi]. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November.

Makowski. Z. S 1988. *Konstruksi Ruang Baja*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.

NurS Tonny Rizkya. 2006. *Perencanaan Modifikasi Stadion Kolan Renang Kota Pasuruan dengan Menggunakan Space Frame dan Beton Pracetak*. [Skripsi]. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November.

Purbosari Ariyanti Annisa. 2010. "*Modifikasi Perencanaan Stadion Indoor Surabaya Sport Center (SSC) dengan menggunakan Sistem Rangka Ruang (Space Trus)*" [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