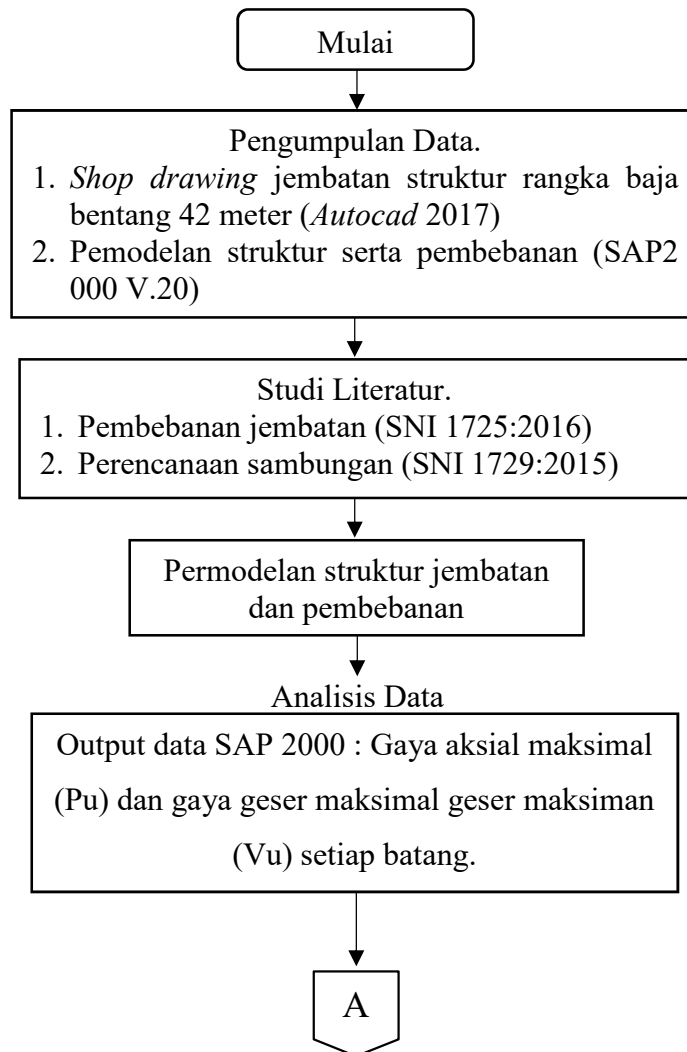


BAB III

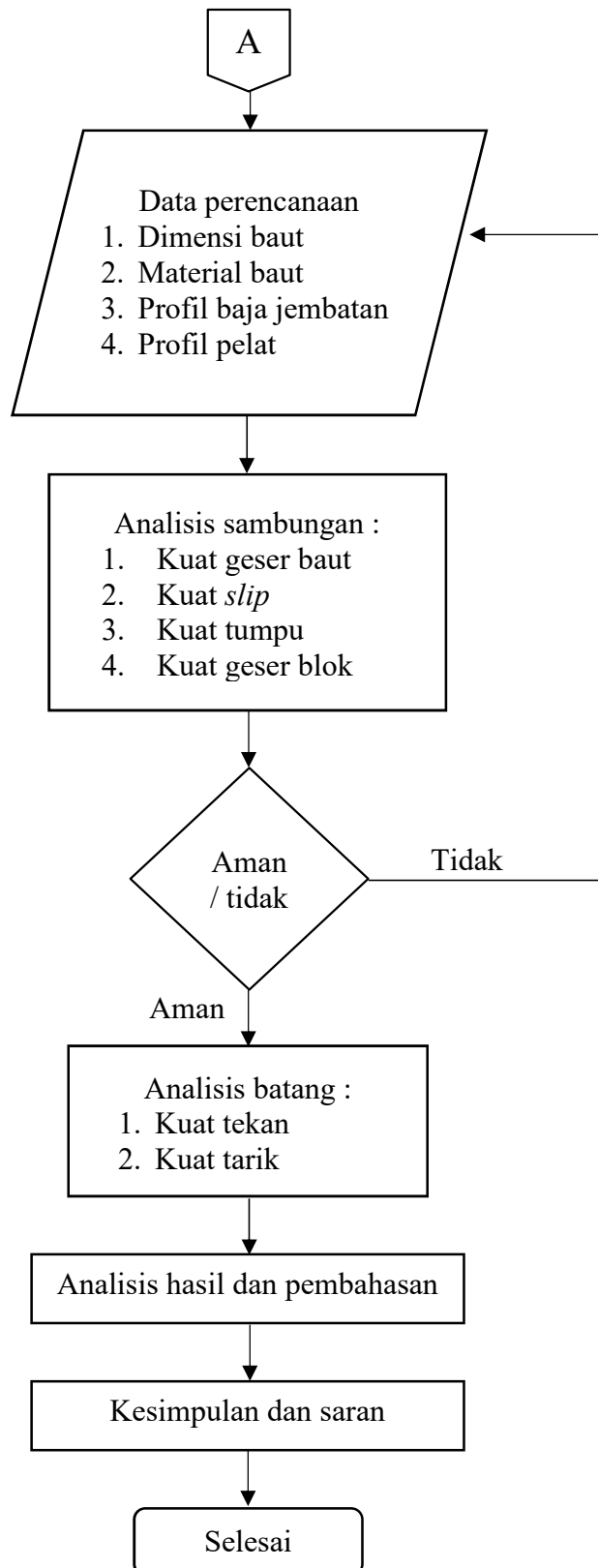
METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, menggunakan metode penelitian kualitatif, peneliti merencanakan dengan data yang telah ada. Terdapat diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian (Lanjutan)

3.2 Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur

Tinjauan pustaka dan studi literatur merupakan tahapan pertama yang dilakukan peneliti untuk mengetahui teori-teori yang mendukung penelitian dan menggunakan aturan-aturan terbaru. Pada penelitian ini menggunakan acuan SNI 1729-2015 tentang bangunan gedung baja struktural, dan AISC 2010.

3.3 Data Umum

3.3.1 Data Umum Jembatan

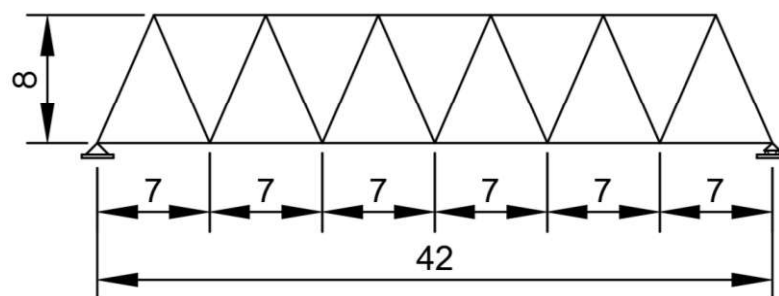
Data umum jembatan yang akan di analisis pada penelitian sebagai berikut.

- a. Nama jembatan : Jembatan kereta api jalur antara Tarahan – Waytuba (Lampung)
- b. Lokasi jembatan : Lampung
- c. Jenis struktur : Rangka baja (*Truss*) tipe *warren*
- d. Fungsi : Jalan rel

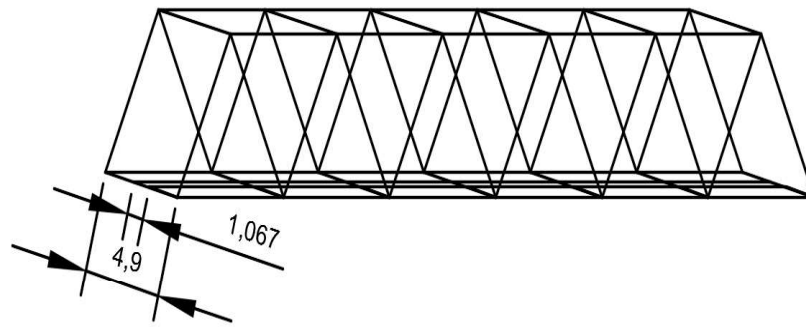
3.3.2 Data Teknis Jembatan

Data teknis jembatan yang akan di analisis pada penelitian sebagai berikut.

- a. Panjang bentang per segmen *girder* : 7 meter
- b. Panjang bentang total : 42 meter
- c. Lebar antar *girder* : 1,067 meter
- d. Lebar jembatan total : 4,9 meter
- e. Tinggi rangka jembatan : 8 meter



Gambar 3.2 Ukuran panjang dan tinggi jembatan (m)



Gambar 3.3 Ukuran lebar jembatan (m)

3.3.3 Data Profil Rangka Baja

Struktur jembatan menggunakan rangka (*truss*) tipe *warren*, dengan berbagai macam jenis dan ukuran profil baja yang berbeda. Berikut adalah data dimensi profil baja jembatan. Mutu baja yang digunakan ada dua yaitu dengan mutu yang sudah terduksi dan mutu baru yang sudah diganti, mutu tereduksi yaitu F_y sebesar 174 MPa dan F_u sebesar 280 MPa, Mutu baru yaitu menggunakan F_y sebesar 250 MPa dan F_u sebesar 400 MPa.

Rangka Utama

- a. *Hollow* 400.350.12.12. 7 mm
- b. *Hollow* 350.350.9.9. 7 mm
- c. *Hollow* 400.350.12.12. 8,732 mm
- d. IWF 350.300.9.16. 8,732 mm
- e. IWF 350.250.9.12. 8,732 mm

Cross Girder

- a. IWF 1100.500.26.28. 4,9 mm
- b. IWF 1100.400.26.28. 4,9 mm

Longitudinal Girder

- a. IWF 700.350.16.28. 7 mm

Portal dan bracing

- b. IWF 175.175.7,5.11. 8,544 mm
- c. IWF 150.150.7.10. 8,544 mm
- d. IWF 150.150.7.10. 4,9 mm

- e. IWF 150.150.7.10. 8,544 mm
- f. IWF 200.200.8.12. 8,544 mm
- g. IWF 350.350.12.19. 4,9 mm

3.4 Permodelan Desain

Pemodelan jembatan kereta api pada penelitian ini menggunakan *software AutoCAD* untuk desain sambungan, SAP 2000 V.20 sebagai *software* utama untuk memperoleh gaya-gaya aksial terhadap batang-batang rangka dan gaya geser maksimal pada *Cross Girder*. *Excel* sebagai *software* pendukung untuk membantu perhitungan sambungan.

3.5 Perencanaan Sambungan Baut

3.5.1 Kekuatan Baut Mutu Tinggi

Baut mutu tinggi dibedakan menjadi dua yaitu A325 dan A490. Kuat tarik akan menurun sebanding dengan ukuran diameter baut. Baut menggantikan paku keling karena mutu materialnya lebih tinggi, hampir dua kali lipat. Kuat tarik baut dapat dilihat pada Tabel 3.1. dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Pratarik baut minimum (SNI 1729-2015)

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

Tabel 3.1 digunakan untuk persamaan *slip kritis* pada gaya tarik minimum pada persamaan 3.2.

Tabel 3.2. Kekuatan nominal tarik dan geser (SNI 1729-2015)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} (MPa)	Kekuatan Geser Nominal, F_{nt} (MPa)
Baut A327	310	188
Baut grup A325, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	620	372
Baut grup A325, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	620	457
Baut A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	780	457
Baut A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	780	579
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$

3.5.2 Ukuran dan Jarak Baut

Ukuran lubang baut maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.3. Persyaratan khusus untuk jembatan jarak minimum antar lubang baut yaitu $S \geq 3d$, dan jarak minimum antara baut dan tepi sambungan $S_t \geq 1,75 d$, dan tidak boleh lebih 8 kali tebal pelat tertipis, atau 125mm (Dewobroto, 2016)

Tabel 3.3. Diameter lubang baut (SNI 1729-2015)

Baut (mm)	Standart d (mm)	Oversize d (mm)	Slot pendek (b*h)	Slot panjang (b*h)
M16	18	20	18 × 22	18 × 40
M20	22	24	22 × 26	22 × 50
M22	24	28	24 × 30	24 × 55
M24	27	30	27 × 32	27 × 60
M27	30	35	30 × 37	30 × 67
M30	33	38	33 × 40	33 × 75
$\geq M36$	D +3	D+8	$(d+3) \times (d+10)$	$(d+3) \times 2 \frac{1}{2}d$

Dari Tabel 3.3. lubang *oversize* tidak boleh dipakai pada sambungan tipe tumpu. Tipe slot pendek dan slot panjang boleh dipakai jika arah gaya tegak lurus baut.

3.6 Analisis Perhitungan Sambungan

Perencanaan sambungan meliputi tipe sambungan dan kekuatan baut, seperti berikut :

3.6.1 Kuat Geser Baut

Perencanaan kuat geser baut terjadi saat baut diberi beban searah tegak lurus oleh geser. Persamaan kekuatan tarik seperti pada SNI 1729-2015 Bab J3-1.

$$R_n = F_n \times A_b \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

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

F_n = Tegangan geser nominal, (MPa)

3.6.2 Kekuatan Sambungan *Kritis-Slip*

Perencanaan sambungan *kritis-slip* harus bisa menahan *slip*. Ketahanan *slip* untuk keadaan batas harus ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = \mu \times D_u \times T_b \times n_s \times h_f \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

μ = Koefisien slip rata-rata untuk permukaan kelas A atau B,

μ = 0,30 untuk permukaan kelas A (permukaan baja *mill scale* bersih tanpa dicat atau permukaan dengan pelapis kelas A pada baja *blast-cleaned*)

μ = 0,50 untuk permukaan kelas B (permukaan baja menggunakan semprota besi tanpa dicat)

D_u = 1,13 ; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang.

T_b = gaya tarik minimum sarana penyambung Tabel J3.1

n_s = jumlah bidang slip

h_f = faktor untuk pengisi

3.6.3 Kuat tumpu geser

Kekuatan tumpu geser adalah baut yang dapat menahan kombinasi gaya tarik dan geser. persamaan kuat tumpu geser seperti berikut :

$$R_n = 1,2 \times l_c \times t \times F_u \leq 2,4 \times d \times t \times F_u \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan :

l_c = Jarak bersih, dalam arah gaya. (mm)

t = Tebal pelat (mm)

F_u = Kuat tarik minimum (MPa)

d = Diameter baut (mm)

3.6.4 Kuat geser blok

Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan blok geser seperti berikut :

$$R_n = 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \leq 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \dots (3.4)$$

Keterangan :

A_{nt} = Luas neto yang menahan gaya tarik (mm^2)

A_{nv} = Luas netp yang menahan gaya geser (mm^2)

A_{gv} = Luas kotor yang menahan gaya geser (mm^2)

U_{bs} = Koefisien tegangan tarik, (1) jika merata, (0,5) jika tidak merata.

3.6.5 Kuat tarik nominal

Kuat tarik rencana didapatkan dari nilai terkecil pada keadaan batas keruntuhan yaitu penampang utuh (*bruto*) dan penampang berlubang (*neto*)

Kuat tarik penampang utuh (*bruto*) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = F_y \times A_g \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

ϕ_t = 0.9 terhadap keruntuhan leleh

A_g = Luas penampang (*gross*) (mm^2)

F_y = Tegangan leleh minimum (MPa)

Kuat tarik Penampang berlubang (*neto*) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = F_u \times A_n \times U \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan :

- ϕ_t = 0.75 terhadap keruntuhan fraktur
 A_e = Luas Penampang efektif (*gross*) (mm²)
 F_u = Tegangan tarik minimum (MPa)
 U = *Shear lag*

3.6.6 Kuat Tekan Nominal

Komponen struktur yang hanya menahan gaya aksial tekan, kekuatan tekan dipengaruhi 3 kondisi, yaitu tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk torsi-lentur. Kuat tekan nominal menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = F_{cr} \times A_g \dots\dots\dots (3.7)$$

Tegangan kritis, F_{cr} ditentukan sebagai berikut :

Apabila $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ maka komponen struktur mengalami *inelastis*, dan sebaliknya.

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} \times F_y \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = 0.658 \times F_e \dots\dots\dots (3.9)$$

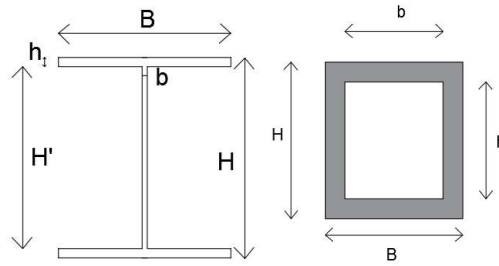
Keterangan :

- F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (MPa)
 F_{cr} = Tegangan kritis (MPa)
 A_g = Luas penampang (mm²)
 K = Faktor efektif (SNI Bab C)
 L = Panjang tanpa dibreising (mm)
 r = Radius girasi $\sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$ (mm)

Kuat tekan tekuk lentur tanpa elemen langsung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Untuk kondisi kuat tekan tekuk lentur F_{cr} menggunakan persamaan 3.8 atau 3.9

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \times E \times C_w}{(K \times L)^2} + G \times J \right] \frac{1}{I_x + I_y} \dots\dots\dots (3.10)$$



Gambar 3.4 Penampang IWF (kiri) dan Penampang HSS (kanan)

Penampang IWF

$$I_x = \frac{1}{12} \times [B(H^3 - H'^3) + bH'^3] \dots \dots \dots (3.11)$$

$$I_y = \frac{1}{12} \times (2 \times hB^3 + H'b^3) \dots \dots \dots (3.12)$$

$$J = \frac{1}{3} \times (2 \times H'^3B + H'b^3) \dots \dots \dots (3.13)$$

$$C_w = \frac{1}{24} \times (H'+h)^2 \times B^3 \times h \dots \dots \dots (3.14)$$

Penampang HSS

$$I_x = \frac{1}{12} \times [BH^3 - bh^3] \dots \dots \dots (3.11)$$

$$I_y = \frac{1}{12} \times (BH^3 - b^3h) \dots \dots \dots (3.12)$$

$$J = \frac{t^2(h-t)^4}{ht+t} \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan :

G = Modulus geser baja (77200 MPa)

J = Konstanta torsi (mm²)

I_x = Momen inersia arah x (mm⁴)

I_y = Momen inersia arah y (mm⁴)

C_w = Konstanta pilin (mm⁶)

ΦP_n = 0,9 kuat tekuk lentur

ΦP_n = 0,9 kuat tekuk torsi