

Perencanaan Sambungan Pada Perkuatan Struktur Jembatan Kereta Bentang 42 Meter

Connection Planning at Strengthening the 42 meter Railroad Bridge Structure

Ariq Naufal Anam, Bagus Soebandono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Jembatan menjadi salah satu sarana penting dalam transportasi, jembatan dapat menghubungkan daerah satu ke daerah lainnya yang memiliki medan seperti lembah, sungai, laut atau yang lainnya. Setiap jembatan akan mengalami penurunan kondisi sebagaimana diakibatkan oleh pertambahan umur jembatan, beban operasional, dan kondisi lingkungan. Kondisi struktur jembatan juga harus diperhatikan pada kekuatan beban yang ada di Sambungan. Sambungan menjadi penting karena menyalurkan beban dari batang ke batang lainnya, dan memungkinkan batang mengalami bergerak akibat muai susut baja. Metode penelitian ini mengacu SNI 1729-2015. Perencanaan sambungan baut harus memperhatikan empat kondisi yaitu kuat tumpu baut, kuat geser baut, kritis slip, dan kuat geser blok, Selain itu Penampang batang harus memperhatikan dalam kuat tekan dan tarik, kuat tekan dipengaruhi oleh dua kondisi yaitu tekuk lentur dan tekuk torsi. Kuat tarik batang dipengaruhi oleh dua kondisi yaitu pada saat luas plat bersih dan luas plat sudah di baut. Hasil perencanaan sambungan dan analisis batang yang didapat pada Struktur perkuatan jembatan kereta api rangka baja tipe warren maka disimpulkan sambungan baut terhadap geser pada rangka utama, cross girder, longitudinal girder, dan breising telah sesuai dengan SNI 1729-2015, nilai R_n telah mencapai aman melebihi nilai kapasitas P_u maksimal dari output SAP 2000.

Kata kunci: Jembatan, Sambungan Baut Geser, Batang Tekan, Batang Tarik

Abstract. *Bridge become one of the important facility for transportation, bridge can connect area with difficult terrain such as valley, river, sea, and etc. We know that, the quality of bridge would be decrease as caused by the age increased bridge it self, load operational, and the environmental condition. Also, the bridge structure should be considered, especially the load strength on the connection. Connection is important because it delivered load from bar to another bar, and it enable the bar movement caused by expansion of steel shrinkage. This research based on SNI 1729-2015. Bolt connection planning should be considered 4 condition; Bolt Shear Strength, Slip critical Strength, Bearing Strength and block shear strength. Moreover, longitudinal section bar must paid attention in compressive strength, and tensile strength. Compressive strength affected by 2 conditions, which Flexural buckling, and torque Buckling. Then, tensile strength affected by 2 conditions, when tensile on gross area, and tensile on net area. The output of connection planning and bar analysis as a result from Train Bridge Reinforcement Structure steel with Warren type. It can be concluded that, bolt connection on slide of main frame, cross girder, longitudinal girder, and breising is compatible with SNI 1729-2015, the R_n point had reach the safe point beyond the P_u capacity maximum point from output SAP 2000*

Keywords: *Bridge, Sliding Bolt Strength, Compressive Strength, Tensile Strength*

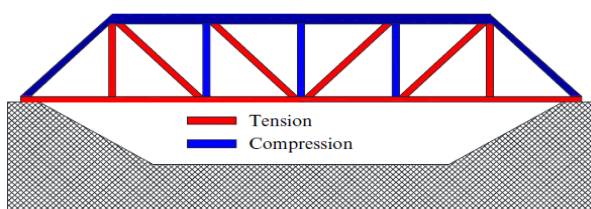
1. Pendahuluan

Jembatan menjadi salah satu sarana transportasi dalam menghubungkan pembangunan perekonomian di Indonesia. Jembatan merupakan sarana transportasi penghubung daerah satu ke daerah lain yang

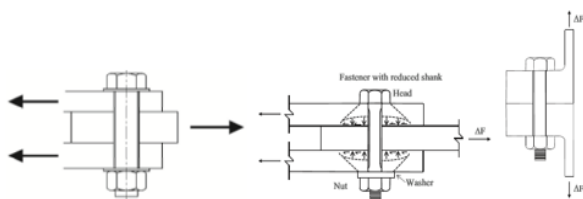
memiliki medan seperti lembah, jurang, sungai, laut ataupun rintangan dengan elevasi yang berbeda. Pengembangan jembatan harus didasarkan pada persyaratan yang berlaku didalam standar yang ada, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan perawatan. Prosedur dalam merencanakan jembatan harus

mempertimbangkan jaminan keamanan, kenyamanan, dan keawetan selama umur rencana jembatan. Struktur jembatan rangka baja memiliki bagian batang-batang yang harus disambung dengan berbagai cara, yaitu dengan cara menggunakan alat penyambung seperti baut, pengelasan atau menggunakan kombinasi keduanya. Hal tersebut harus selalu diperhatikan, karena sambungan menjadi bagian kritis untuk menentukan kekuatan struktur. Penelitian ini mengacu SNI 1729-2015 untuk merencanakan sambungan baut.

Menurut Dewobroto (2016), Sambungan baja adalah bagian kritis struktur dan dapat menentukan kekuatan struktur keseluruhannya. Baut adalah cara yang praktis dan sederhana untuk menghubungkan elemen, namun harus mempertimbangkan jarak antar baut dalam perakitan elemen struktur (Moze, 2018). Rosyidah A, dkk (2018) Keruntuhan jembatan terkadang diakibatkan umur jembatan, tidak hanya umur jembatan, struktur jembatan roboh diakibatkan kegagalan pada pelat buhul. Perencanaan sambungan dianggap selesai dan aman dengan pengecekan sambungan baut atau las dan tebal pelat minimal sama dengan tebal profil. Saat ini sambungan baut sudah menjadi pilihan untuk perakitan struktur jembatan di lapangan, dikarenakan lebih mudah pengawasan mutu daripada las dan lebih tinggi mutunya ketimbang paku keling. (Struktur Baja, 2016).



Gambar 1 Jembatan tipe warren dengan gaya aksial (Bridge Engineering, 2017)



Gambar 2 Sambungan tipe Bearing (kiri) Sambungan Slip (tengah) sambungan Tension (kanan). (Lostberg, 2016)

Menurut Anggara (2014) jarak baut berpengaruh terhadap gaya tarik dan geser sambungan, jika jarak antar baut semakin besar maka baut dapat menahan gaya tarik dan jika semakin besar jarak tepi semakin besar pula kekuatan sambungan pada gaya tarik.

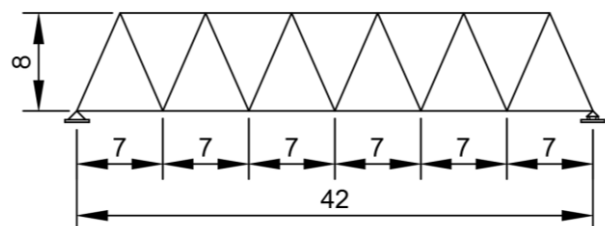
Pada penelitian tugas akhir ini, memodelkan jembatan rangka baja pada jembatan kereta api dengan bentang 42 meter. Peneliti merencanakan sambungan pada struktur atas jembatan dengan menggunakan alat penyambung baut. Peneliti juga melakukan pengaplikasian gambar teknik yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada sambungan jembatan. Perencanaan sambungan sambungan mengacu SNI 03-1729-2015, sedangkan Analisis pembebanan menggunakan standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725:2016. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan sambungan baut dan menganalisis sambungan geser, kuat tarik, dan kuat tekan pada perkuatan struktur jembatan kereta api bentang 42 meter. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan bagi mahasiswa tentang konsep perencanaan sambungan pada jembatan kereta api yang menggunakan tipe rangka baja (*warren*).

2. Metode Penelitian

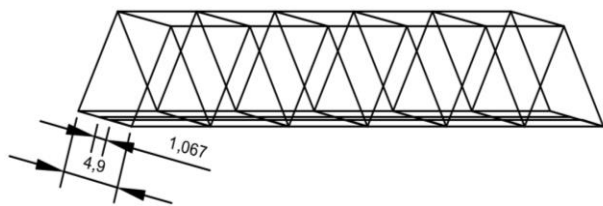
Pada penelitian ini, jembatan yang menjadi objek analisis pada penelitian ini merupakan jembatan kereta api di wilayah operasional Lampung.

Berikut adalah data teknis dari jembatan rangka yang menjadi objek penelitian ini.

- Panjang bentang total : 42 m
- Lebar antar girder : 1,067 m
- Lebar jembatan total : 4,9 m
- Tinggi rangka jembatan : 8 m



Gambar 3 Ukuran panjang bentang dan tinggi jembatan



Gambar 4 Ukuran lebar jembatan

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 dan F_u sebesar 280, Mutu baru yaitu menggunakan F_y sebesar 250 dan F_u sebesar 400. 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. Perencanaan sambungan meliputi tipe sambungan dan kekuatan baut, seperti berikut:

Kuat Geser Baut

$$R_n = F_n \times A_b \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

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

F_n = Tegangan geser nominal, (Mpa)

Kekuatan Sambungan Kritis-slip

$$R_n = \mu \times D_u \times T_b \times n_s \times h_f \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

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 semprotan 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

Kuat Geser Blok

$$R_n = 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \leq 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \dots (3)$$

Keterangan:

A_{nt} = Luas neto yang menahan gaya tarik (mm²)

A_{nv} = Luas netp yang menahan gaya geser (mm²)

A_{gv} = Luas kotor yang menahan gaya geser (mm²)

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

Kuat Tarik Nominal

Penampang bersih:

$$P_n = F_y \times A_g \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

ϕ_t = 0.9 terhadap keruntuhan leleh

A_g = Luas penampang (gross) (mm²)

F_y = Tegangan leleh minimum (Mpa)

Penampang berlubang:

$$P_n = F_u \times A_n \times U \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

ϕ_t = 0.75 terhadap Keruntuhan Fraktur

A_e = Luas Penampang efektif (gross) (mm²)

F_u = Tegangan tarik minimum (Mpa)

U = Shear lag

Kuat Tekan Nominal

$$P_n = F_{cr} \times A_g \dots\dots\dots (6)$$

Tegangan kritis, F_{cr} ditentukan sebagai berikut:

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

$$\text{Bila } \frac{K L}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} \times F_y$$

$$\text{Bila } \frac{K L}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = 0.658 \times F_e$$

Kuat Tekuk Torsi

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \times E \times C_w}{(K \times L)^2} + G \times J \right] \frac{1}{I_x + I_y} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

G = Modulus geser baja (77200 Mpa)

J = Konstanta torsi (mm²)

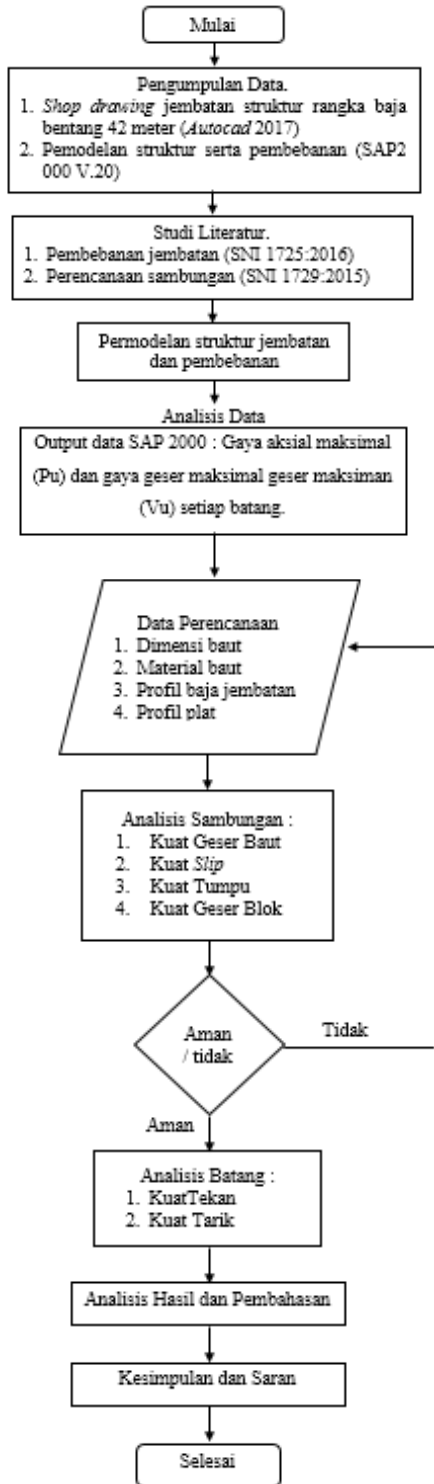
I_x = Momen inersia arah x (mm⁴)

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

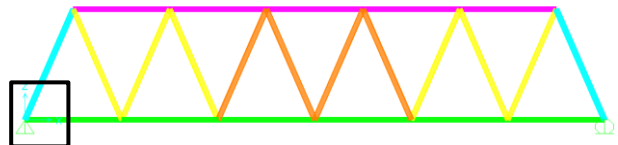


Gambar 4 Ukuran lebar jembatan

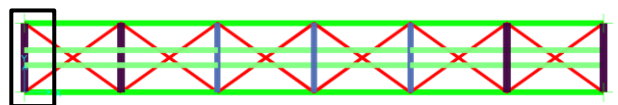
3. Hasil dan Pembahasan

Perencanaan Sambungan

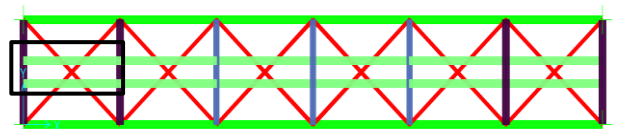
Dalam penelitian ini, Perencanaan sambungan mendemonstrasikan dengan setengah struktur jembatan dari awal masuk kereta, karena gaya yang diterima jembatan sewaktu awal masuk kereta api lebih besar daripada keluarnya kereta api. Perencanaan sambungan menggunakan material, data penampang, dan gaya aksial dari SAP 2000 untuk perhitungan pada breising, longitudinal girder, dan rangka utama, khusus sambungan cross girder menggunakan gaya geser terbesar dari setiap penampang dikarenakan gaya cross girder mengalami gaya geser lebih besar daripada gaya aksialnya.



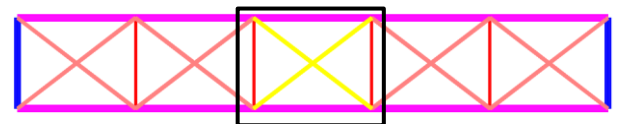
Gambar 5 Perencanaan sambungan rangka utama A1 dan A2



Gambar 6 Perencanaan sambungan Cross Girder CG1



Gambar 7 Perencanaan sambungan Longitudinal Girder LGB1



Gambar 8 Perencanaan sambungan Breising BA3

Tabel 1. Data perencanaan Rangka Utama

Nama Batang		Profil (mm)						Baut (mm)						Plat Sambung (Mpa)			
		H	B	h	b	A	P	D	D'	D'	n	S	S1	St	t	Fy	Fu
Rangka Utama	A1	400	350	12	12	17424	8731	22	24	26	20	90	120	50	10	355	490
	A2	350	350	9	9	12276	7000	22	24	26	16	80	90	50	10	355	490

Tabel 2. Data perencanaan Cross Girder

Nama Batang		Profil (mm)						Baut (mm)						Plat Sambung (Mpa)			
		H	B	h	b	A	P	D	D'	D'	n	S	S1	St	t	Fy	Fu
Cross girder	CGB1	1100	500	28	26	55144	4900	16	18	20	10	70	60	40	13	355	490
	CGB2	1100	500	28	26	55144	4900	20	22	24	10	70	60	40	13	355	490
	CGB3	1100	400	28	26	49544	4900	20	22	24	10	70	60	40	13	355	490
	CGB4	1100	500	28	26	55144	4900	20	22	24	10	70	60	40	13	355	490
	CGA1	350	350	19	12	17044	4900	20	22	24	8	70	60	40	13	355	490

Tabel 3. Data Perencanaan Longitudinal Girder

Nama Batang		Profil (mm)						Baut (mm)						Plat Sambung (Mpa)			
		H	B	h	b	A	P	D	D'	D'	n	S	S1	St	t	Fy	Fu
Longitudinal girder	LGB1	700	350	16	28	29904	4900	20	22	24	10	70	60	40	13	355	490
	LGB2	700	350	16	28	29904	4900	20	22	24	10	70	60	40	13	355	490
	LGB3	700	350	16	28	29904	4900	20	22	24	10	70	60	40	13	355	490

Tabel 4. Data Perencanaan Bracing

Nama Batang		Profil (mm)						Baut (mm)						Plat Sambung (Mpa)			
		H	B	h	b	A	P	D	D'	D'	n	S	S1	St	t	Fy	Fu
Bracing	BB1	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	35	10	355	490
	BB2	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490
	BB3	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490
	BA1	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490
	BA2	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490
	BA3	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490
	IA1	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490
	IA2	150	150	10	7	3910	4000	16	18	20	8	60	80	60	10	355	490

Sambungan Geser

Nilai sambungan geser dipengaruhi dengan empat kondisi yaitu Kuat geser baut, *Kritis slip*, Kuat tumpu geser, dan Kuat geser blok. kuat geser baut terjadi saat baut diberi beban searah tegak lurus oleh geser.

Kritis slip terjadi saat adanya pergerakan pelat pada celah antara baut dengan tebal lubang pelat. Kekuatan tumpu geser adalah baut yang dapat menahan kombinasi gaya tarik dan geser. Kuat geser blok adalah ketahanan plat terhadap gaya tarik yang tegak lurus oleh plat itu sendiri. Hasil dari sambungan geser dapat dilihat pada Tabel 5 sampai Tabel 8.

Hasil dari penelitian ini didapatkan Sambungan geser lebih dominan dipengaruhi oleh kondisi *kritis slip*. Kondisi *kritis slip* menjadi acuan karena gaya terhadap ketahanan sambungan terkecil dari kondisi lainnya. Kekuatan sambungn terhadap geser dengan kondisi *kritis slip* telah memenuhi persyaratan dari SNI 1729 2015, karena Kapasitas sambungan geser (R_n) lebih besar daripada nilai beban aksial atau geser pada output SAP 2000 (P_u).

Tabel 5 Hasil sambungan geser rangka utama

Nama Batang	Sambungan Geser (R_n)				Pu	Ket $R_n \geq P_u$	
	Kuat Geser Baut	Slip Kritis	Kuat tumpu	Kuat Geser Blok			
Rangka Utama	A1	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	967	Aman
	A2	2083,92	1198,71	2981,16	1382,025	408	Aman
	B1	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	967	Aman
	B2	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	679	Aman
	B3	1823,43	1048,866	2716,56	1389,937	933	Aman
	C1	2083,92	1198,71	2981,16	1382,025	408	Aman
	C2	1823,43	1048,866	2716,56	1389,937	933	Aman
	C3	1562,94	899,028	2328,48	1270,125	843	Aman
	C4	2083,92	1198,704	2981,16	1382,025	657	Aman
	D1	1562,94	899,028	2328,48	1270,125	843	Aman
	D2	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	679	Aman
	D3	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	1281	Aman
	D4	2604,9	1498,38	1940,4	1150,3125	810	Aman
	E1	2083,92	1198,704	2981,16	1382,025	657	Aman
	E2	2604,9	1498,38	1940,4	1150,3125	810	Aman
	E3	1302,45	749,19	1940,4	1024,0875	443	Aman
	E4	2604,9	1498,38	3757,32	1509,825	1458	Aman
	F1	1302,45	749,19	1940,4	1024,0875	443	Aman
	F2	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	1281	Aman
	F3	2604,9	1498,38	3757,32	1757,475	1497	Aman
F4	2083,92	1198,704	2981,16	1382,025	413	Aman	
G1	2604,9	1742,46	3757,32	1509,825	1458	Aman	
G2	2083,92	1393,97	2981,16	1382,025	576	Aman	
G3	2083,92	1198,704	2981,16	1382,025	408	Aman	
G4	1393,968	1198,704	1842,7	1382,025	852	Aman	

Tabel 6 Hasil sambungan geser *cross girder*

Nama Batang	Sambungan Geser (R_n)				Vu	Ket $R_n \geq P_u$	
	Kuat Geser Baut	Slip Kritis	Kuat tumpu	Kuat Geser Blok			
<i>Cross girder</i>	CGB1	1076,235	749,19	2155,608	962,1885	585	Aman
	CGB2	1076,235	749,19	2155,608	962,1885	474	Aman
	CGB3	1076,235	749,19	2155,608	962,1885	187	Aman
	CGB4	1076,235	749,19	2155,608	962,1885	70	Aman
	CGA1	860,988	599,352	1696,968	1033,851	55	Aman

Tabel 7 Hasil sambungan geser *longitudinal girder*

Nama Batang	Sambungan Geser (R_n)				Pu	Ket $R_n \geq P_u$	
	Kuat Geser Baut	<i>Kritis Slip</i>	Kuat tumpu	Kuat Geser Blok			
<i>Longitudina l girder</i>	LGB1	1291,482	728,172	2614,24	1208,7075	585	Aman
	LGB2	1721,976	970,896	3531,52	1443,7605	938	Aman
	LGB3	1937,223	1092,25	4321,8	1876,896	1001	Aman

Tabel 8 Hasil sambungan geser *breasing*

Nama Batang	Sambungan Geser (R_n)				Pu	Ket $R_n \geq P_u$	
	Kuat Geser Baut	<i>Kritis Slip</i>	Kuat tumpu	Kuat Geser Blok			
<i>Bracing</i>	BB1	551,142	309,168	1067,22	411,6	96	Aman
	BB2	551,142	309,168	1067,22	411,6	134	Aman
	BB3	551,142	309,168	1067,22	411,6	185	Aman
	BA1	551,142	309,168	1067,22	411,6	94	Aman
	BA2	551,142	309,168	1067,22	411,6	163	Aman
	BA3	551,142	309,168	1067,22	411,6	234	Aman
	IA1	551,142	309,168	1067,22	411,6	147	Aman
	IA2	551,142	309,168	1067,22	411,6	227	Aman

Penampang terhadap kuat tekan

Komponen struktur terhadap tekan yang hanya menahan gaya aksial tekan, kekuatan tekan dipengaruhi 3 kondisi, yaitu tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk torsi-lentur. Dalam penelitian ini profil penampang hanya menggunakan IWF dan HSS, menurut SNI 1729-2015 profil tersebut hanya dipengaruhi pada tekuk lentur dan tekuk torsi. Hasil dari struktur terhadap kuat tekan telah memenuhi SNI 1729-2015, Batang struktur b/t melebihi dari πr mengalami inelastis pada profil, dan KL/r melebihi dari πr akan mengalami tidak langsing pada penampang struktur. Kekuatan pada batang tersebut dipengaruhi nilai R_n dengan dua kondisi melebihi dari P_u gaya aksial dari output SAP 2000. Hasil keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran.

Penampang terhadap tarik

Kuat tarik rencana didapatkan dari nilai terkecil pada keadaan batas keruntuhan yaitu penampang utuh (bruto) dan penampang berlubang (neto). Hasil penampang terhadap dua kondisi dapat dilihat pada Tabel 9.

Hasil dari tabel diatas hanya Rangka utama yang mengalami gaya aksial terhadap tarik, kondisi pada saat utuh dan berlubang diambil nilai terkecil dengan keadaan batas nilai R_n melebihi gaya aksial output SAP 2000 P_u .

Tabel 9 Hasil Penampang terhadap tarik

Nama Batang	Batang Tarik R_n (kN)		P_u (kN)	Ket $R_n \geq P_u$	
	P. Kotor	P. Berlubang			
A2	1922,42	2091,306	408	Aman	
B3	1951,55	2205,7245	933	Aman	
C1	1922,42	2091,306	408	Aman	
C2	1951,55	2205,7245	933	Aman	
C4	1922,42	2091,306	657	Aman	
D4	1951,55	2205,7245	810	Aman	
Rangka Utama	E1	1922,42	2091,306	657	Aman
	E2	1951,55	2205,7245	810	Aman
	E4	1922,42	2091,306	1458	Aman
	F4	1399,06	1494,759	413	Aman
	G1	1922,42	2091,306	1458	Aman
	G2	1399,06	1494,759	413	Aman
	G3	1399,06	1494,759	408	Aman
	G4	1922,42	2091,306	852	Aman

4. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan sambungan dan analisis batang yang didapat pada Struktur perkuatan jembatan kereta api rangka baja tipe warren maka disimpulkan sambungan baut terhadap geser pada rangka utama, cross girder, longitudinal girder, dan breising telah sesuai dengan SNI 1729-2015, nilai R_n telah mencapai aman melebihi nilai kapasitas P_u maksimal dari output SAP 2000.

5. Saran

Dari kesimpulan diatas, adapun saran yang harus dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Diperlukan studi perencanaan sambungan dengan kombinasi sambungan baut dan las
- Dapat dilakukan penelitian lanjut jika salah satu struktur penampang mengalami elastis.
- Diperlukan studi perkuatan apabila struktur penampang mengalami elastis pada batang tekan.

6. Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional., 2010, SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural . Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional., 2016, SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Aditya, B. (2015). Pedoman Pemasangan Baut Jembatan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Anggara, P. D. (2014). Pengaruh Jarak Screw Terhadap Kekuatan Sambungan Pada Baja Ringan. Rekayasa Teknik Sipil Volume 3, 149-157.
- Dewobroto, W. (2016). Struktur Baja Perilaku Analisis dan Desain AISC 2010. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil UPH.
- Dewobroto, W., Hidayat, L., Widjajakusuma, J., & Kelvin. (2016). Studi Karakteristik Baut Mutu Tinggi (A325 dan Grade 8.8) Terhadap Tarik dan Pengaruhnya pada

- Perencanaan Sambungan . Seminar HAKI. Jakarta Pusat.
- Hardianti, D., Herbudiman, B., & Diredja, N. V. (2018). Studi Eksperimental Batang Tarik Sambungan Baut pada Plat Baja. Reka Racana, Nomor 118.
- Haris, S., Herman, H., Zaidir, & Thamrin, R. (2018). Bolt Connection Behaviour Of The Cold-Formed Steel Joint. MATEC Web of Conferences 154. Padang: EDP Sciences.
- Lin, W., & Yoda, T. (2017). Bridge Engineering. Elsevier Inc.
- Lostberg, I. (2016). Fatigue Design of Marine structures. Dalam Design of Bolted and Threaded Connections. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moze, P. (2018). Bearing Strength at Bolt Holes in Connections with Large End Distance and Bolt Pitch. Journal of Constructional Steel Research, 132-144.
- Rosyidah, A., & Tjondro, J. A. (2018). Keruntuhan Jembatan Akibat Kegagalan Pelat Buhul Pada Sambungan Jembatan Rangka Baja (Studi Kasus: Jembatan I-35w Missisipi). Politeknologi , Volume 17, Nomor 01, 86-96.
- Rosyidi, S. A. (2016). Reayasa Jalan Kereta Api (Tinjauan Struktur Jalan Rel). Yogyakarta: LP3M.
- Silviana, M. (2017). Studi Kekuatan Sambungan Batang Tarik Pelat Baja Dengan Alat Sambung Baut. Jurnal Inotera, Volume 2, Nomor 2.
- Sulandari, N., & Pranata, Y. A. (2017). Studi Eksperimental dan Analitis Kapasitas Sambungan dengan Tipe Kegagalan Geser Baut. Jurnal Teknik Sipil Volume 13 Nomor 1, 82-93.
- Wang, P., Wulan, T., Liu, M., Qu, H., & You, Y. (2019). Shear Behavior of Lap Connection using One-side Bolts. Engineering Structures, 64-85.
- Wang, Y.-B., Lyu, Y.-F., Li, G.-Q., & Liew, J. Y. (2019). Bearing-strength of high strength steel plates in two-bolt connections. Journal of Constructional Steel Research, 205-218.

