

Kajian Ekonomis Perancangan Sistem Sambungan Struktur Baja pada Rangka Atap dengan Variasi Ukuran Baut, Konfigurasi Baut, dan Mutu Baut

ANDRE PRANATA SETIALAKSANA, BERNARDINUS HERBUDIMAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email: andrepranatasetialaksana@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap penggunaan material baja yang berdampak pada meningkatnya harga material baja. Hal ini mendorong para teknisi untuk berusaha menghemat biaya struktur bangunan. Oleh karena itu setiap elemen pembentuk struktur harus didesain ekonomis, efisien, dan memenuhi persyaratan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi sambungan yang paling ekonomis berdasarkan harga material pelat baja dan baut. Hasil dari kajian ekonomis perancangan sistem sambungan baja dengan studi kasus rangka atap Pasar Sae Sarijadi yang menggunakan metode variasi ukuran baut, konfigurasi baut, dan mutu baut, kombinasi yang dapat menghemat biaya struktur adalah kombinasi A4 (27D, 6 baut, 2 baris), kombinasi B2 (27D, 8 baut, 2 baris), kombinasi C3 (27D, 8 baut, 2 baris), kombinasi D4 (24D, 6 baut, 2 baris), dan kombinasi E2 (16D, 6 baut, 3 baris).

Kata kunci: struktur baja, ekonomis, kombinasi sambungan

ABSTRACT

The increasing needs for the use of steel material that impacts the rising prices of steel materials, encourages technicians to spare the cost of building structures, therefore every element of the structure must be designed to be economical, efficient, and meet the requirements. This research is intended to find the most economical combination based on the price of steel plate and bolt. The results of the economical study of the design of steel connection systems with the case studies of the roof truss of Pasar Sae Sarijadi using method of bolt size variation, bolt configuration, and bolt quality, the combination that can save the structure cost is combination A4 (27D, 6 bolt, 2 line), combination B2 (27D, 8 bolt, 2 line), combination C3 (27D, 8 bolt, 2 line), combination D4 (24D, 6 bolt, 2 line), and combination E2 (16D, 6 bolt, 3 line).

Keywords: steel structure, economical, combination of connections

1. PENDAHULUAN

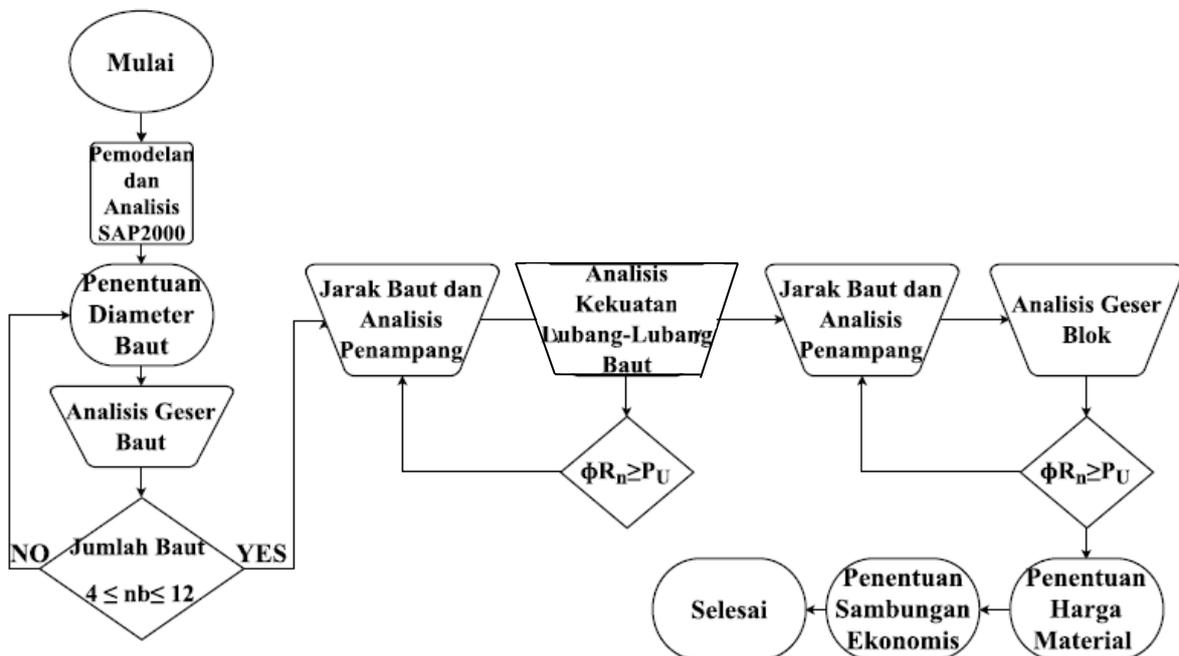
Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap penggunaan material baja yang berdampak pada meningkatnya harga material baja, mendorong para teknisi dan praktisi untuk berusaha meningkatkan kualitas suatu struktur bangunan. Untuk mendapatkan struktur bangunan yang memenuhi standar mutu dan juga ekonomis, maka setiap elemen pembentuk struktur bangunan harus didesain dengan ekonomis, berestetika, dan memenuhi persyaratan.

Melihat kondisi tersebut, penelitian tentang perancangan sistem sambungan yang ekonomis untuk rangka atap Pasar Sae Sarijadi penting karena sambungan baut pada sistem struktur gedung baja harus kuat dan ekonomis dengan mempertimbangkan leleh tarik, runtuh tarik, geser blok, kekuatan lubang-lubang baut, geser baut dan jarak antar baut untuk memikul beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa selama masa layannya.

Sistem sambungan baut didesain berdasarkan beban-beban yang bekerja pada profil baja. Beban yang bekerja adalah beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan kombinasi-kombinasinya. Karena beban dalam pada profil baja yang bekerja berbeda-beda, maka hal ini akan mempengaruhi bentuk sistem sambungan baut, diameter baut, jumlah baut dan harga material sistem sambungan baja sederhana dengan pengencang baut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dapat disajikan dalam bentuk bagan alir seperti pada **Gambar 1**.

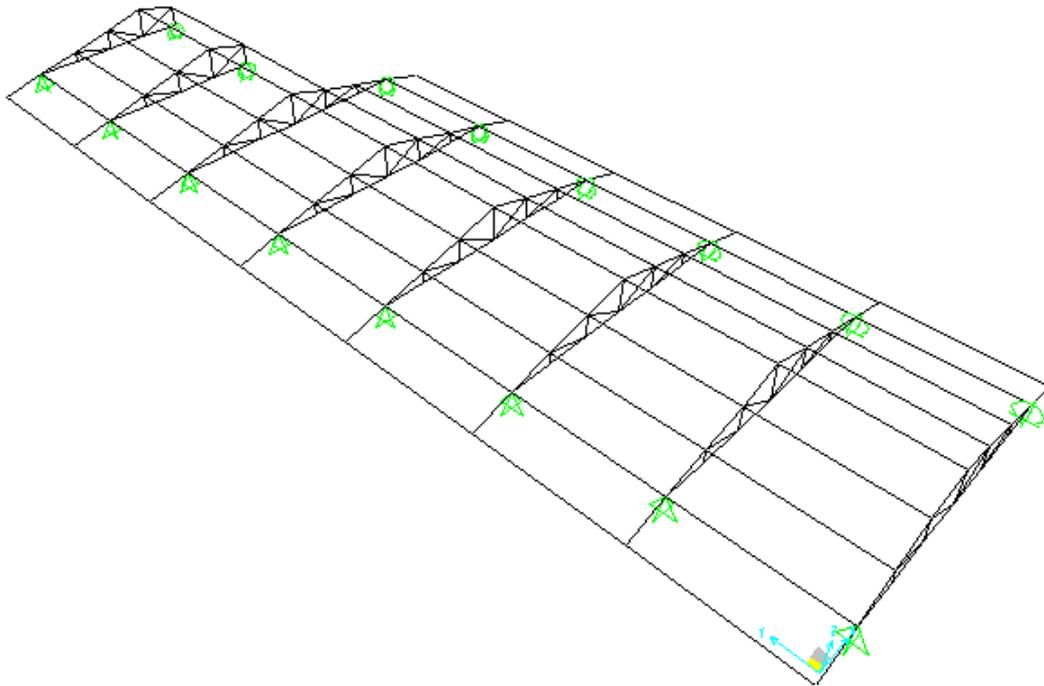


Gambar 1. Bagan alir penelitian

3. DATA PENELITIAN

3.1 Data Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur atap pada penelitian ini dibantu *software* SAP2000 versi 14. Pembuatan model struktur dilakukan dengan memasukan semua elemen rangka atap yang memenuhi ketentuan perencanaan bangunan struktur baja. Rangka atap pada penelitian ini memiliki ukuran panjang 82 meter, lebar 20 meter di ketinggian 14 meter dengan sudut 15°. seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur atap Pasar Sae Sarijadi

3.2 Data Pembebanan Struktur

Dalam perencanaan struktur atap Pasar Sae Sarijadi, sistem pembebanan struktur mengikuti persyaratan SNI 03-1726-2012 tahun 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung antara lain:

- (a) beban mati (*dead load/DL*) yaitu beban sendiri struktur;
- (b) beban hidup (*live load/LL*) yaitu beban manusia dan beban lainnya yang posisinya tidak permanen;
- (c) beban gempa (*earthquake/E*) arah x dan arah y yaitu beban yang disebabkan oleh gempa bumi;
- (d) beban mati tambahan (*super dead load/SDL*) yaitu beban tambahan yang permanen;
- (e) beban angin (*wind load/W*) yaitu beban angin yang bertiup pada struktur.

3.3 Data Penampang Baja

Profil penampang baja yang digunakan dalam struktur rangka atap Pasar Sae Sarijadi menggunakan profil baja yang dikeluarkan oleh PT. Gunung Garuda seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA
H x B	t	r ₁	r ₂	A	
mm x mm	mm	mm	mm	cm ²	
50 x 50	5	6.5	3	4.802	
50 x 50	6	6.5	4.5	5.644	
60 x 60	5	6.5	3	5.802	
60 x 60	6	8	4	6.910	
65 x 65	5	8.5	3	6.367	
65 x 65	6	8.5	4	7.527	
65 x 65	8	8.5	6	9.761	
70 x 70	6	8.5	4	8.127	
75 x 75	6	8.5	4	8.727	
80 x 80	6	8.5	4	9.230	
90 x 90	7	10	5	12.220	
90 x 90	10	10	7	17.000	
100 x 100	7	10	5	13.620	
100 x 100	10	10	7	19.000	
120 x 120	8	12	5	18.760	
120 x 120	11	13	6.5	25.370	
120 x 120	12	13	6.5	27.540	
130 x 130	9	12	6	22.740	
130 x 130	12	12	8.5	29.760	
150 x 150	12	14	7	34.770	
150 x 150	15	14	10	42.740	
150 x 150	19	14	10	53.380	
175 x 175	12	15	11	40.520	
175 x 175	15	15	11	50.210	
200 x 200	15	17	12	57.750	
200 x 200	20	17	12	76.000	
200 x 200	25	17	12	93.750	
250 x 250	25	24	12	119.400	
250 x 250	35	24	18	162.600	

**Gambar 3. Profil penampang baja siku Gunung Garuda
(Sumber: PT Gunung Garuda, 2016)**

Profil penampang yang dipakai pada struktur Pasar Sae Sarijadi, yaitu siku 250 x 250, siku 200 x 200, dan siku 150 x 150. Sedangkan untuk profil kanal menggunakan ukuran C 200 x 75.

3.3 Data Material Baut dan Pelat Buhul

Pada penelitian ini material pelat buhul yang digunakan mempunyai mutu baja A36 dengan tebal 8 mm, sedangkan material baut yang dipakai adalah baut berdiameter 16 mm, 20 mm, 24 mm, 27 mm, 30 mm, dan 36 mm dengan mutu baut A325 dan A490 dengan panjang 13 cm.

3.4 Data Harga Material

Harga material plat buhul sebesar Rp14.760,00/kg untuk material plat baja ukuran 5-10 mm didapat dari harga jurnal Kota Bandung tahun 2016 sesi G.580, sedangkan untuk harga baut A325 dan A490 didapat dari survey harga PT. Sentra Mur Baut Surabaya, PD. Kapitol, dan PD. Agung Teknik di Pasar Cikapundung seperti yang ditunjukkan **Tabel 1**.

Tabel 1. Harga Material Baut

Ukuran Diameter Baut (inch)	Ukuran Diameter Baut (mm)	Panjang (cm)	Harga Baut (Rp)	
			ASTM A325	ASTM A490
5/8	16	13	4.500	5.800
3/4	20		7.800	10.000
7/8	22		8.300	11.000
1	24		10.500	13.400
1 1/8	27		11.600	14.800
1 1/4	30		14.300	18.200
1 1/2	36		20.000	25.400

4. PEMBAHASAN

4.1 Output Analisis Struktur

Dalam studi kasus perancangan sistem sambungan baja pada rangka atap Pasar Sae Sarijadi, hasil dari *running* SAP2000 yang digunakan adalah gaya dalam pada setiap batang penyusun rangka atap yang dikelompokkan menjadi 5 kelompok besar dan nilai terbesar dari setiap kelompok yang akan didesain sambungannya. Hasil analisis SAP2000 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Analisis SAP2000

No	Batang	P_u (kN)	Sifat Gaya
1	496	1.056,30	Tarik
2	499	1.289,28	Tarik
3	508	1.100,34	Tekan
4	509	886,62	Tekan
5	313	251,48	Tekan

4.2. Perhitungan Sambungan Batang Tarik

Perhitungan sambungan batang tarik mengacu pada SNI 03-1729-2015 tahun 2015, Spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural yang mempertimbangkan kegagalan-kegagalan sambungan sebagai berikut:

- (a) kekuatan geser baut;
- (b) kekuatan lubang-lubang baut;
- (b) kekuatan geser blok.

Untuk jarak ujung dan jarak spasi diatur sedemikian rupa sehingga mendapatkan konfigurasi yang ekonomis. Hasil perhitungan batang tarik dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Batang Tarik

No Batang	P_u (kN)	Diameter Baut (mm)	Mutu Baut (kN)	Geser Baut (kN/baut)	Jumlah Baut	Kombinasi	Konfigurasi Sambungan		Bearing Strength (kN)	Konfigurasi Sambungan		Block Shear (kN)	
							l_e	s		l_e	s		
1	496	1.056,3	24	A325	126,22	10	A1	4	65	1.064,8	40	110	1.063,07
				A490	155,06	8	A2	55	80	1.072,6	60	130	1.057,50
			27	A325	159,74	8	A3	45	80	1.065,3	45	135	1.062,30
				A490	196,24	6	A4	35	110	1.057,1	80	165	1.062,46
2	499	1.289,3	27	A325	159,74	10	B1	50	65	1.305,8	80	100	1289,84
				A490	196,24	8	B2	40	80	1.295,6	50	130	1290,56
			30	A325	197,21	8	B3	50	80	1292,0	80	125	1300,04

Seluruh kombinasi A dan kombinasi B menggunakan konfigurasi 2 baris baut

4.3. Perhitungan Sambungan Batang Tekan

Perhitungan sambungan batang tekan mengacu pada SNI 03-1729-2015 tahun 2015, Spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural yang mempertimbangkan kegagalan-kegagalan sambungan sebagai berikut:

- (a) kekuatan geser baut;
- (b) kekuatan lubang-lubang baut.

Untuk jarak ujung dan jarak spasi diatur sedemikian rupa sehingga mendapatkan konfigurasi yang ekonomis. Hasil perhitungan batang tarik dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Batang Tekan

No	Batang	p_U (kN)	Diameter Baut (mm)	Mutu Baut (kN)	Geser Baut (kN/baut)	Jumlah Baut	Kombinasi	Konfigurasi Sambungan trial 1		Bearing Strength (kN)
								l_e (mm)	s (mm)	
1	508	1100,34	24	A325	126,22	10	C1	30	70	1122,37
				A490	155,05	8	C2	30	85	1125,76
			27	A325	159,74	8	C3	35	90	1180,48
2	509	886,616	22	A325	106,06	10	D1	30	60	943,81
				A490	130,29	8	D2	30	70	896,40
			24	A325	126,22	8	D3	30	75	952,96
				A490	242,28	6	D4	35	95	927,54
3	313	251,476	16	A325	56,10	6	E1	25	35	293,94
							E2	25	35	290,47
				A490	68,91	4	E3	30	45	280,04

Seluruh kombinasi C, kombinasi D, dan kombinasi E menggunakan 2 baris baut kecuali untuk kombinasi E2 menggunakan 3 baris baut.

4.4 Kajian Ekonomis Sistem Sambungan Baja

Kajian ekonomis sistem sambungan baja sederhana dilihat dari total harga material baut dan plat buhul dari setiap kombinasi sambungan yang dirancang untuk struktur atap inii, hasil kajian ekonomis dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Resume Hasil Kajian Ekonomis

NoBatang	Diameter Baut (mm)	Mutu Baut (kN)	Jumlah Baut	Kombinasi	Harga Baut (Rp)	Tebal Pelat Buhul (mm)	Pelat Buhul (kg)	Harga Pelat Buhul (Rp)	Total Harga (Rp)	
1	496	24	A325	10	A1	105.000	0,130	8,11	119.733,12	224.733
			A490	8	A2	107.200	0,128	7,96	117.430,56	224.631
		27	A325	8	A3	92.800	0,124	7,72	113.976,72	206.777
			A490	6	A4	88.800	0,123	7,64	112.825,44	201.625
2	499	27	A325	10	B1	116.000	0,140	10,92	161.179,20	277.179
			A490	8	B2	118.400	0,123	9,56	141.031,80	259.432
3	508	30	A325	8	B3	114.400	0,134	10,43	153.983,70	268.384
			A325	10	C1	105.000	0,068	4,24	62.629,63	167.630
		24	A490	8	C2	107.200	0,063	3,93	58.024,51	165.225
			A325	8	C3	92.800	0,068	4,24	62.629,63	155.430
4	509	22	A325	10	D1	83.000	0,060	3,74	55.261,44	138.261
			A490	8	D2	88.000	0,054	3,37	49.735,30	137.735
		24	A325	8	D3	84.000	0,057	3,56	52.498,37	136.498
			A490	6	D4	80.400	0,039	2,43	35.919,94	116.320
5	313	16	A325	6	E1	27.000	0,018	1,12	16.578,43	43.578
					E2	27.000	0,002	0,14	2.072,30	29.072
			A490	4	E3	23.200	0,016	0,98	14.506,13	37.706

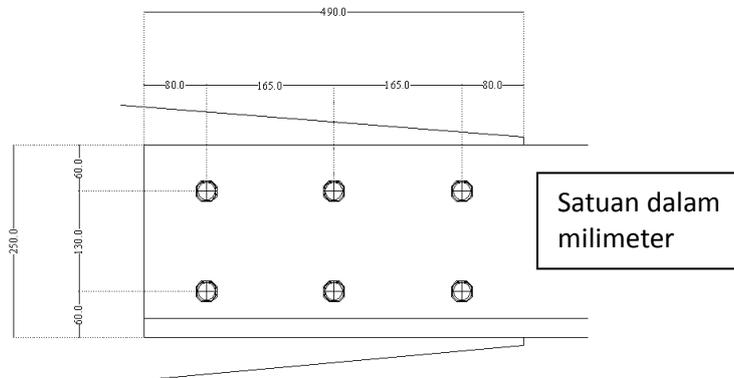
Tabel 6. Kombinasi Sistem Sambungan yang Dipilih

No	Batang	Kombinasi	Harga Baut (Rp)	Harga Pelat Buhul (Rp)	Total Harga (Rp)
1	496	A4	88.800	112.825	201.625
2	499	B2	118.400	141.032	259.432
3	508	C3	92.800	62.630	155.430
4	509	D4	80.400	35.920	116.320
5	313	E2	27.000	2.072	29.072

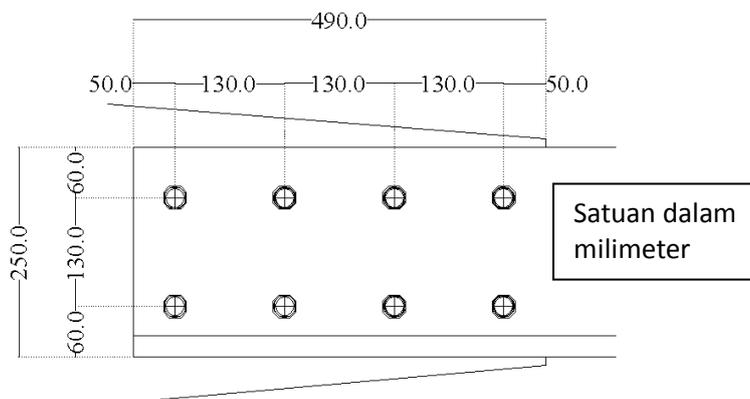
Pemilihan kombinasi sambungan yang paling ekonomis didasari oleh total harga material pelat baja dan baut paling murah dari kombinasi yang lainnya. Semakin Dari kombinasi A dipilih kombinasi A4 karena mempunyai luasan pelat buhul yang paling kecil dan jumlah baut paling sedikit sehingga total harga sambungan menjadi yang paling murah.

4.5 Detail Sambungan

Hasil perancangan digambarkan seperti yang ditunjukkan **Tabel 3** dan **Tabel 4**. Gambar hasil perencanaan dapat dilihat pada **Gambar 4** sampai **Gambar 8**.

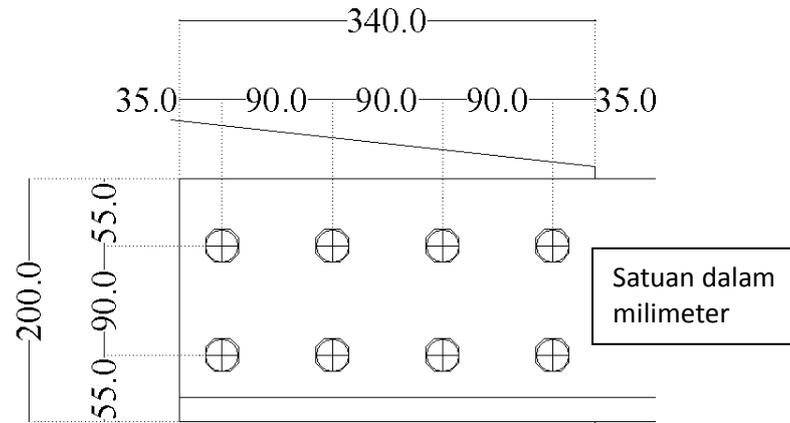


Gambar 4. Kombinasi A4 untuk batang 496

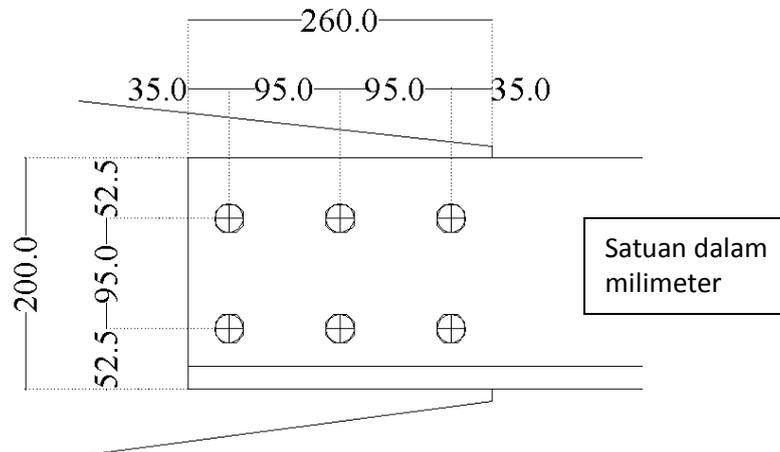


Gambar 5. Kombinasi B2 untuk batang 499

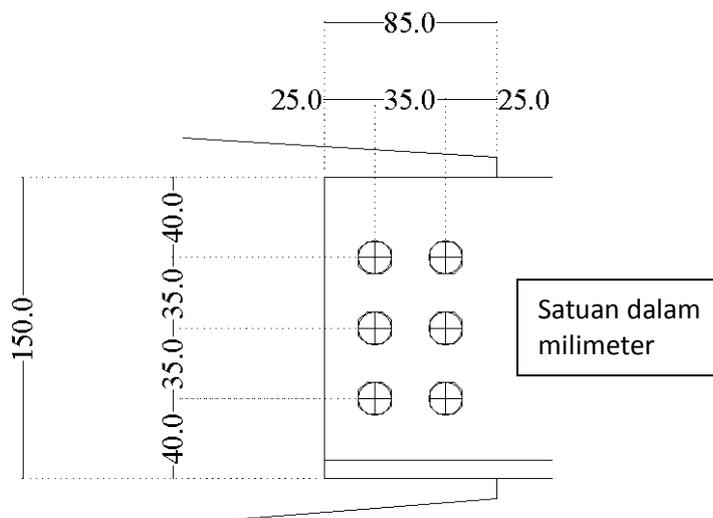
Kajian Ekonomis Perancangan Sistem Sambungan Struktur Baja pada Rangka Atap dengan Variasi Ukuran Baut, Konfigurasi Baut, dan Mutu Baut



Gambar 6. Kombinasi C3 untuk batang 508



Gambar 7. Kombinasi D4 untuk batang 509



Gambar 8. Kombinasi E2 untuk batang 313

5. KESIMPULAN

Pada perancangan dan kajian ekonomis sistem sambungan baja dengan pengencang baut ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Variasi diameter baut, jumlah baut, konfigurasi baut, dan mutu baut sangat berpengaruh terhadap harga material sambungan baja, hal ini disebabkan oleh jarak ujung dan jarak spasi yang berubah mengikuti variasi yang dilakukan sehingga dapat mencapai harga material yang ekonomis.
2. Variasi ini juga berpengaruh pada kekuatan-kekuatan sistem sambungan baja seperti kekuatan geser, kekuatan lubang-lubang baut, dan kekuatan geser blok yang sangat efisien, hal ini ditunjukkan oleh nilai ϕR_n dari masing-masing tipe keruntuhan yang nilainya berdekatan satu sama lain.
3. Dari perancangan sistem sambungan baja sederhana dengan variasi diameter baut, jumlah baut, konfigurasi baut, dan mutu baut pada rangka atap Pasar Sae Sarijadi mendapatkan hasil sebagai berikut :
 - a. Untuk batang tekan dengan P_u diantara 1.289,30 kN sampai dengan 1.056,30 kN menggunakan kombinasi A4 dengan diameter baut 27 mm, mutu baut A325, jumlah baut 6, dan harga total material baut dan pelat buhul Rp201.625,00 .
 - b. Untuk batang tekan dengan P_u diatas 1.289,30 kN menggunakan kombinasi B2 dengan diameter baut 27 mm, mutu baut A325, jumlah baut 8, dan harga total material baut dan pelat buhul Rp259.432,00.
 - c. Untuk batang tarik dengan P_u diantara 886,62 kN sampai dengan 1.100,34 kN menggunakan kombinasi C3 dengan diameter baut 22 mm, mutu baut A325, jumlah baut 8, dan harga total material baut dan pelat buhul Rp155.430,00.
 - d. Untuk batang tarik dengan P_u diantara 251,48 kN sampai dengan 886,62 kN menggunakan kombinasi D4 dengan diameter baut 24 mm, mutu baut A490, jumlah baut 6, dan harga total material baut dan pelat buhul Rp116.320,00.
 - e. Untuk batang tarik dengan P_u dibawah 251,48 kN menggunakan kombinasi E2 dengan diameter baut 16 mm, mutu baut A325, jumlah baut 6, dan harga total material baut dan pelat buhul Rp29.072,00.

DAFTAR RUJUKAN

- PT. Gunung Garuda. (2016). *www.gunungsteel.com*. Diambil Juli 17, 2017, dari https://www.gunungsteel.com/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=173
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Bangunan Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *SNI 03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- PT. Sentra Mur Baut Surabaya. (2017). Survey Harga Baut ASTM A325 dan A490 Juli 30, 2017
- PD. Kapitol. (2017). Survey Harga Baut ASTM A325 dan A490 Juli 30, 2017
- PD. Agung Teknik. (2017). Survey Harga Baut ASTM A325 dan A490 Juli 30, 2017