Jurnal Muara
Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan
Vol. 1, No. 1, April 2017: hlm 302-308

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

STUDI NUMERIK POLA GESER BLOK ALTERNATIF PADA SAMBUNGAN UJUNG BATANG TARIK PROFIL T

Hendy Wijaya[1]
[1]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
rm.hendy@yahoo.com

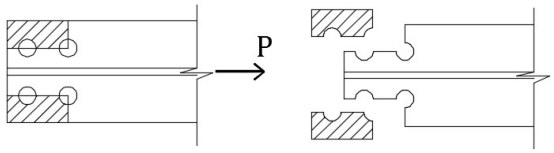
ABSTRAK

Geser blok merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi dalam mendesain sambungan batang tarik pada komponen struktur baja. Hasil studi eksperimental yang dilakukan pada profil T yang disambung pada bagian sayap dengan alat penyambung baut memperlihatkan pola kegagalan geser blok yang diistilahkan dengan alternate path block shear (ABS) failure. Pola kegagalan ini masih belum diperhitungkan dalam peraturan baja terkini. Studi numerik telah dilakukan pada beberapa profil T yang ada di pasaran Indonesia dengan konfigurasi baut tertentu. Distribusi tegangan pun menunjukkan indikasi yang menyerupai kegagalan ABS tersebut. Makalah ini memaparkan hasil studi numerik dengan metode elemen hingga mengenai pengaruh dari mutu baja terhadap indikasi kegagalan ABS pada beberapa profil T. Mutu baja BJ 34, BJ 37, BJ 50, dan BJ 55 ditinjau pada studi ini. Dari 20 model yang dianalisis, seluruhnya memperlihatkan deformasi dan distribusi tegangan yang menyerupai kegagalan ABS. Hal ini menandakan bahwa adanya indikasi terhadap kegagalan ABS pada batang tarik profil T yang disambung dengan alat penyambung baut pada bagian sayap untuk semua jenis mutu baja di Indonesia.

Kata kunci: geser blok, profil T, alternate path block shear failure

1. PENDAHULUAN

Geser blok merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi dalam mendesain sambungan batang tarik pada komponen struktur baja. Ragam kegagalan ini terjadi apabila material gagal akibat tegangan tarik disertai tegangan geser pada segmen yang saling tegak lurus. Pada profil T yang disambung pada bagian sayap dengan alat penyambung baut, kegagalan geser blok yang diharapkan terjadi diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kegagalan geser blok yang diharapkan terjadi

Jenis sambungan satu sisi demikian menyebabkan timbulnya eksentrisitas antara sambungan dengan titik berat dari penampang. Studi menunjukkan bahwa adanya eksentrisitas pada sambungan batang tarik menginduksi deformasi lentur yang dapat mengurangi kapasitas dari komponen struktur tersebut (Geethu, C.V, et al., 2014).

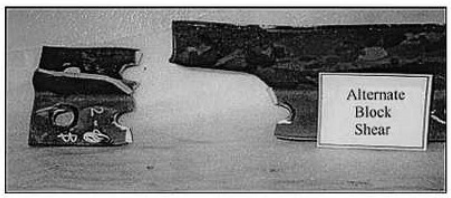
SNI (2015) mengasumsikan bahwa kegagalan geser blok terjadi akibat putus sepanjang bidang geser dan putus sepanjang bidang tarik. Masing-masing bidang menyumbangkan kekuatan, dan kekuatan geser blok merupakan penjumlahan dari kekuatan yang disumbangkan oleh masing-masing bidang tersebut. Persamaan kekuatan geser blok yang digunakan:

$$\phi R_n = \phi(0{,}60F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt}) \leq \phi(0{,}60F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}) \quad (1)$$

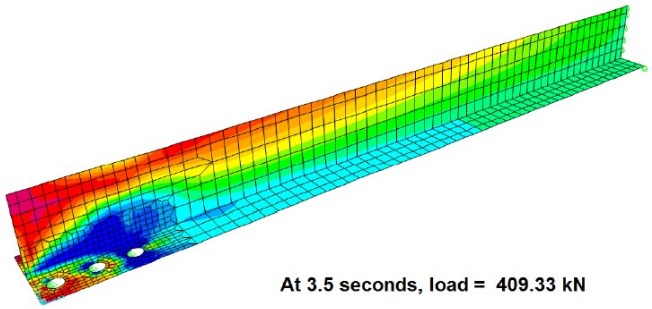
dengan ϕ = faktor ketahanan, F_u = kekuatan tarik minimum yang dispesifikasikan, F_y = tegangan leleh minimum yang dispesifikasikan, A_{gv} = luas bruto bidang geser pada geser blok, A_{nv} = luas neto bidang geser pada geser blok, A_{nt} = luas neto bidang tarik pada geser blok, U_{bs} = faktor reduksi geser blok.

Studi eksperimental yang dilakukan terhadap jenis sambungan ini menunjukkan pola kegagalan geser blok yang berbeda, yang diistilahkan dengan *alternate path block shear* (ABS) *failure* (Epstein, 1996; Epstein dan Stamberg, 2002). Pola ini melibatkan tegangan tarik pada penampang melintang dari sayap dan tegangan geser pada penampang memanjang dari badan profil. Gambar 2 menunjukkan salah satu spesimen yang mengalami ABS.

Hasil studi numerik yang dilakukan terhadap 5 profil T dengan jenis mutu baja BJ 41 pada konfigurasi sambungan tertentu juga mengindikasikan terjadinya ABS (Wijaya dan Suryoatmono, 2017). Gambar 3 memperlihatkan distribusi tegangan yang dialami oleh salah satu profil yang diuji.



Gambar 2. Spesimen yang mengalami kegagalan ABS (Epstein, 1996)



Gambar 3. Distribusi tegangan yang mengindikasikan ABS (Wijaya dan Suryoatmono, 2017)

Desain komponen struktur baja tidak terlepas dari pengaruh jenis mutu baja yang digunakan. Perubahan jenis mutu baja berarti merubah sifat mekanis dari baja itu sendiri sehingga akan mempengaruhi hasil dari desain komponen struktur tersebut. Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan diberikan pada Tabel 1.

Makalah ini memaparkan hasil studi numerik yang dilakukan dengan bantuan perangkat lunak berbasis elemen hingga dalam mempelajari pengaruh dari jenis mutu baja terhadap indikasi kegagalan ABS pada beberapa profil T yang disambung pada bagian sayap dengan alat penyambung baut. Studi ini merupakan lanjutan dari studi yang telah dilakukan oleh Wijaya dan Suryoatmono (2017).

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menganalisis beberapa profil *hot-rolled* berpenampang T yang ada di pasaran Indonesia dengan berbagai jenis mutu baja. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga (MEH).

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

Tabel 1. Sifat mekanis baja struktural (SNI, 2002)

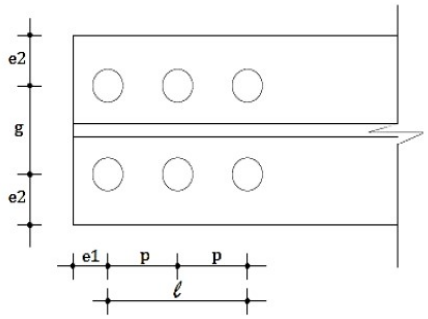
Jenis Baja	F_u (MPa)	F_y (MPa)	*Regangan minimum (%)*
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Penentuan benda uji

Dimensi profil dan konfigurasi sambungan yang akan dianalisis mengacu pada 5 benda uji yang digunakan oleh Wijaya dan Suryoatmono (2017). Tabel 2 menunjukkan dimensi profil dan konfigurasi sambungan yang dimaksud. Tipikal geometri sambungan diperlihatkan pada Gambar 4.

Tabel 2. Dimensi profil dan konfigurasi sambungan

Profil	Indeks	Jumlah baris baut	Total jumlah baut	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p (mm)	l (mm)	g (mm)
T 100x100	G1	2	6	30	30	60	120	40
T 125x125	G2	2	6	30	40	60	120	45
T 150x150	G3	2	6	30	40	60	120	70
T 150x150	G4	2	8	30	40	60	180	70
T 125x250	G5	4	12	30	40	60	120	50



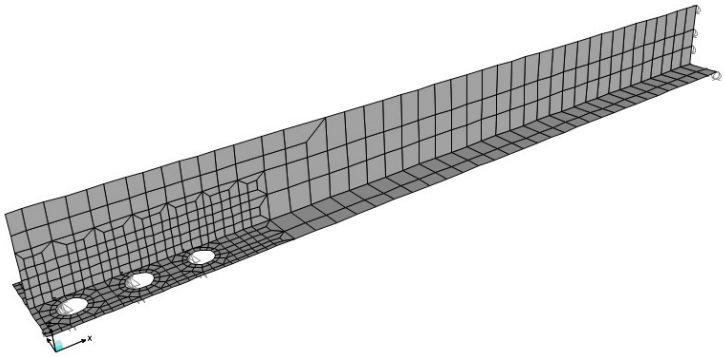
Gambar 4. Tipikal geometri dari sambungan (Wijaya dan Suryoatmono, 2017)

Dalam studi ini, kelima benda uji tersebut divariasikan pada jenis mutu baja, yakni BJ 34, BJ 37, BJ 50, dan BJ 55. Dua puluh benda uji diidentifikasi ragam kegagalannya dari hasil perhitungan menurut SNI (2005). Nilai U_{bs} = 1.0 digunakan dalam perhitungan kekuatan geser blok. Ragam kegagalan ini kemudian dibandingkan dengan hasil MEH.

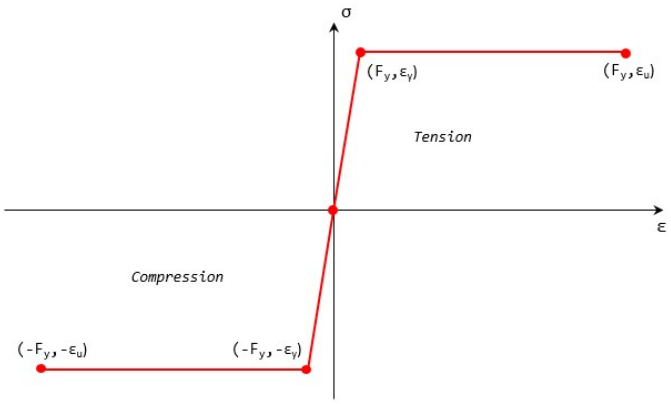
Model elemen hingga

SAP2000 versi 15 digunakan dalam analisis 3D ini. Elemen yang digunakan dalam analisis adalah tipe elemen *shell* segiempat 4 nodal sebagai elemen utama, dipadukan dengan beberapa elemen *shell* segitiga 3 nodal sebagai elemen-elemen transisi. Sambungan dimodelkan pada salah satu ujung profil saja, dan ujung lainnya mencerminkan kondisi profil di luar daerah sambungan. *Boundary conditions* ditentukan sedemikian rupa sehingga analisis dapat mewakili kondisi sebenarnya. Baut diasumsikan rigid, sehingga dapat dianggap sebagai tumpuan. Kurang lebih separuh dari lubang baut ditahan terhadap translasi vertikal dan translasi horisontal. Sedangkan pada ujung yang jauh dari sambungan, setiap nodal ditahan terhadap translasi vertikal. Gambar 5 menunjukkan tipikal jaring elemen yang digunakan dalam analisis.

Pada studi ini, diperhitungkan pengaruh non-linieritas dari material dan non-linieritas dari geometri. Hubungan tegangan-regangan material diasumsikan *elastic-perfectly plastic* untuk semua jenis mutu baja tanpa memperhitungan tegangan sisa. Tipikal hubungan tegangan-regangan material ditampilkan pada Gambar 6. Non-linieritas dari geometri diperhitungan terhadap pengaruh P-Delta.



Gambar 5. Tipikal jaring elemen



Gambar 6. Tipikal hubungan tegangan-regangan material

Pemberian beban berupa tegangan tarik diterapkan pada ujung yang jauh dari sambungan. Beban ditingkatkan nilainya secara linier terhadap waktu. Untuk menghindari adanya pengaruh gaya inersia yang dapat menyebabkan bergetarnya elemen, maka penambahan beban harus dilakukan secara sangat perlahan. Analisis beban riwayat waktu menggunakan metode integrasi langsung dengan formulasi Hilber, Hughes, dan Taylor (metode α). Parameter α diambil sebesar -0,3.

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

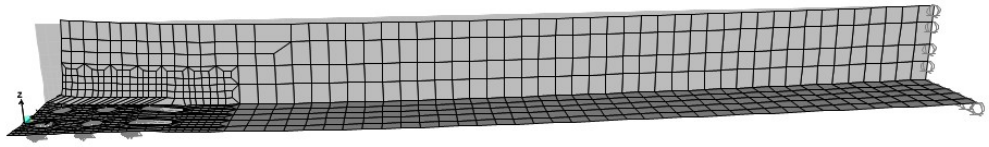
Untuk merekam respons perpindahan terhadap perubahan beban, digunakan metode Newton-Rhapson dengan batas toleransi konvergensi gaya diambil sebesar 0,001. Analisis dihentikan ketika konvergensi sudah tidak tercapai lagi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

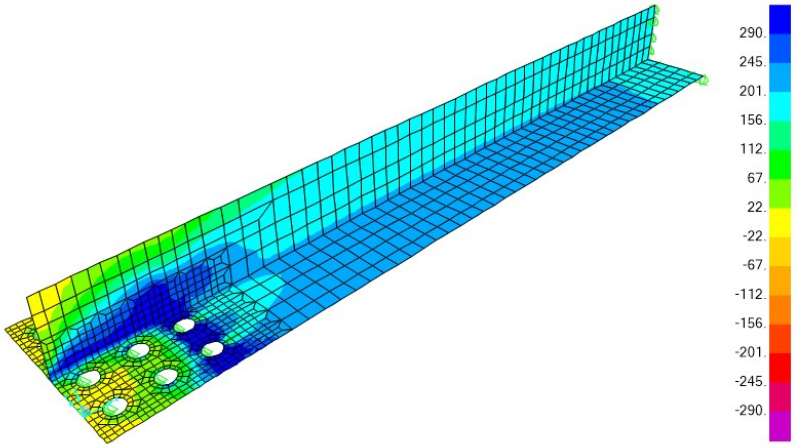
Dalam analisis ini, retak tidak dimodelkan. Kegagalan geser blok atau putus pada penampang neto, keduanya merupakan peristiwa putus yang melibatkan proses terbentuknya retak dan penjalaran retak. Oleh sebab itu, ragam kegagalan hasil MEH tidak didefinisikan pada studi ini, melainkan dengan mempelajari dari deformasi dan proses penyebaran tegangan yang berlangsung sejak awal beban diberikan, maka indikasi terhadap salah satu ragam kegagalan dapat dilihat.

Dari 20 benda uji, seluruhnya memperlihatkan pola yang menyerupai kegagalan ABS. Gambar 7 memperlihatkan deformasi yang dialami salah satu benda uji. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terjadi deformasi yang ekstrim pada kelompok baut terdepan dan pada pertemuan antara badan dengan sayap dari profil. Selain itu terlihat juga deformasi lentur yang dialami profil sebagai akibat dari eksentrisitas antara sambungan dengan titik berat penampang.

Distribusi tegangan yang dialami profil juga memperlihatkan indikasi yang serupa. Gambar 8 menunjukkan salah satu hasil distribusi tegangan yang terjadi pada benda uji G5 dengan jenis mutu baja BJ 50. Pada gambar terlihat bahwa tegangan terkonsentrasi di sepanjang alur kegagalan ABS, padahal secara perhitungan analitis benda uji ini mengalamai ragam kegagalan putus pada penampang neto (NS). Pada benda uji G4 dengan jenis mutu baja BJ 50, hasil perhitungan justru menghasilkan ragam kegagalan leleh pada penampang bruto (L). Hasil MEH menunjukkan bahwa konsentrasi tegangan lebih dulu terjadi pada alur ABS sebelum akhirnya penampang bruto mengalami pelelehan. Begitu juga dengan benda uji G3 dimana hasil perhitungan menyatakan ragam kegagalan geser blok (BS), akan tetapi MEH tidak memperlihatkan hal yang demikian. Ringkasan dari seluruh hasil analisis disajikan dalam Tabel 3.



Gambar 7. Bentuk deformasi dari benda uji G5 BJ 50



Gambar 8. Distribusi tegangan von-Mises pada benda uji G5 BJ 50

Tabel 3. Perbadingan ragam kegagalan berdasarkan hasil perhitungan analitis dan MEH

No	Indeks	Jenis Baja	Perhitungan analitis (kN)			Ragam kegagalan	
			Leleh bruto (L)	Putus neto (NS)	Geser blok (BS)	Analitis	Indikasi FEM
1	G1	BJ 34	256,66	216,19	277,44	NS	ABS
2	G1	BJ 37	293,33	235,26	301,92	NS	ABS
3	G1	BJ 50	354,44	317,93	408,00	NS	ABS
4	G1	BJ 55	501,10	349,72	448,80	NS	ABS
5	G2	BJ 34	355,89	324,74	358,02	NS	ABS
6	G2	BJ 37	406,73	353,40	389,61	NS	ABS
7	G2	BJ 50	491,46	477,56	526,50	NS	ABS
8	G2	BJ 55	694,83	525,32	579,15	NS	ABS
9	G3	BJ 34	442,07	429,39	358,02	BS	ABS
10	G3	BJ 37	505,22	467,28	389,61	BS	ABS
11	G3	BJ 50	610,48	631,46	526,50	BS	ABS
12	G3	BJ 55	863,09	694,61	579,15	BS	ABS
13	G4	BJ 34	442,07	429,39	451,66	NS	ABS
14	G4	BJ 37	505,22	467,28	491,51	NS	ABS
15	G4	BJ 50	610,48	631,46	664,20	L	ABS
16	G4	BJ 55	863,09	694,61	730,62	NS	ABS
17	G5	BJ 34	871,10	723,61	799,68	NS	ABS
18	G5	BJ 37	995,54	787,46	870,24	NS	ABS
19	G5	BJ 50	1202,95	1064,14	1176,00	NS	ABS
20	G5	BJ 55	1700,72	1170,55	1293,60	NS	ABS

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil studi ini memberi informasi bahwa adanya indikasi terhadap kegagalan ABS pada batang tarik profil T yang disambung dengan alat penyambung baut pada bagian sayap untuk semua jenis mutu baja di Indonesia.

Beberapa hal yang dapat dipertimbangkan untuk studi lebih lanjut antara lain dengan memodelkan retak dalam analisis, sehingga prediksi kekuatan dan ragam kegagalan dapat ditentukan secara lebih akurat, memperhitungkan adanya tegangan sisa pada material karena dalam kenyataaanya profil-profil *hot rolled* menderita tegangan sisa, memvariasikan konfigurasi sambungan yang digunakan atau bahkan bisa dengan melakukan uji eksperimental sehingga diperoleh lebih banyak data guna mendukung hasil studi ini.

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara yang telah memberi dukungan dengan menyediakan fasilitas perangkat lunak sehingga studi ini dapat berlangsung.

REFERENSI

Epstein, H. (1996). Block shear of structural tees in tension – Alternate paths. *AISC Engineering Journal, Fourth Quarter*, pp. 147-152.

Epstein, H. & Stamberg, H. (2002). Block shear and net section capacities of structural tees in tension: Test results and code implications. *AISC Engineering Journal*, *Fourth Quarter*, pp. 228-239.

Geethu, C.V., Unni, K.G., Usha, S. (2014). Effect of connection eccentricity in the behavior of steel tension members. *International Journal of Civil Engineering and Technology, Vol. 5*, pp. 56-65.

SNI. (2002). Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. SNI 03-1729-2002.

SNI. (2015). Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. SNI 1729-2015.

Wijaya, H. & Suryoatmono, B. (2017). "Numerical study on alternate block shear failure mode of structural tee section loaded in tension". The 3rd International SCESCM, Bali, September 5-7 2016, Vol. 171, pp. 865-873.