



ANALISIS KINERJA SEISMIK SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BAJA SISTEM *HAUNCH* PADA SUMBU MINOR KOLOM MELALUI PENDEKATAN NUMERIK

Yudi Herdiansah, Ahmad Syarifudin*, Prima Sukma Yuana, Luqmannul Hakim

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Kota Cimahi

*Corresponding author; email address: ahmadsyarifudinn29@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 13 January 2025 Accepted 25 March 2025 Online 30 June 2025 <i>Keywords:</i> Haunch connection Minor axis column Hysteresis behavior Energy dissipation Moment connection Steel beam-column joint	The haunch connection is a widely used moment-resisting connection in Indonesia. However, this connection is not included in the recommendations of AISC 358-16 or SNI 7972-2020, raising concerns about its seismic performance. This study investigates the performance of haunch connections applied to the minor axis of columns through numerical analysis. The analysis is conducted using the finite element method with ABAQUS software, while the loading protocol follows the AISC 341-16 provisions. The seismic parameters analyzed include hysteresis behavior, failure modes, and energy dissipation. The results indicate that haunch connections do not meet the acceptance criteria of AISC 341-16. The hysteresis curves exhibit poor behavior, with inadequate strength that fails to meet the required standards. This issue arises due to undesirable deformation mechanisms that deviate from the intended structural performance. Additionally, the failure mode of the connection system does not conform to the desired failure hierarchy, as failure occurs within the column element. Furthermore, the energy dissipation capacity of the connection is inefficient, with most of the energy being absorbed by the column element. Therefore, haunch connections applied to the minor axis of columns are not recommended for use in seismic-resistant structures.

©2025 Magister Teknik Sipil USK. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Sistem sambungan pada rangka baja pemikul momen telah mengalami perkembangan pesat dengan penggunaan baut mutu tinggi, paku keling, dan las. Namun, setelah terjadinya gempa bumi Northridge pada tahun 1994 dan Kobe pada tahun 1995, banyak ditemukan kegagalan fraktur getas pada sambungan las (Lai dkk., 2015; Nazaralizadeh dkk., 2022). Kegagalan tersebut dapat menyebabkan keruntuhan struktur secara tiba-tiba, sehingga mengubah cara pandang terhadap sambungan balok-kolom baja. Peristiwa tersebut juga mendorong para perancang untuk membentuk *SAC Joint Venture Association*, yang kemudian melakukan penelitian lebih lanjut mengenai ketentuan desain sistem rangka pemikul momen (Yuana dkk., 2024).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh SAC menghasilkan pedoman desain seismik sistem rangka baja pemikul momen yang hingga saat ini menjadi rujukan utama, yaitu (AISC 341, 2016). Selain itu, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mempelajari jenis-jenis sambungan serta mengusulkan pendekatan baru dalam sistem sambungan rangka baja pemikul momen (Lor dkk., 2018; Nazaralizadeh dkk., 2022; Park dan Oh, 2020). Salah satu sistem sambungan yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan baja di Indonesia adalah sambungan *haunch*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Perlu dicatat bahwa sambungan *haunch* tidak termasuk dalam daftar sambungan yang diizinkan untuk bangunan tahan gempa menurut (AISC 358, 2016) maupun (SNI 7972, 2020). Sehingga, kinerjanya terhadap beban gempa masih

dipertanyakan. Namun, yang menarik adalah sambungan ini tetap menjadi yang paling populer dalam praktik konstruksi struktur baja di Indonesia.



Gambar 1. Sambungan balok-kolom yang populer di Indonesia

Desain sambungan *haunch* umumnya mempertimbangkan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas rotasi. Hal ini sejalan dengan pedoman Eurocode 3 (1993) yang menyatakan bahwa rangka baja pemikul momen harus memperkuat area sambungan serta memastikan bahwa sendi plastis terbentuk pada balok, bukan pada area sambungan (Sadid, 2022). Untuk mencapai kondisi tersebut, penambahan komponen *haunch* pada sambungan menjadi relevan, karena mampu meningkatkan kekuatan balok serta memastikan bahwa sendi plastis terbentuk jauh dari muka kolom (Stratan dkk., 2017).

Penambahan komponen *haunch* pada area sambungan terbukti menjadi solusi yang cukup efektif dalam aplikasi seismik dengan tuntutan deformasi yang besar (Feng dkk., 2020; Jakab dkk., 2019; Rahnemoun dkk., 2022; Saberi dkk., 2019). Baru-baru ini, (Syarifudin dkk., 2024) melakukan analisis numerik terhadap sambungan *haunch* dengan penampang yang umum digunakan di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan *haunch* memiliki perilaku dan pola kegagalan yang kurang baik.

Selain itu, sambungan *haunch* sering kali diterapkan pada sumbu minor kolom, yang diperkirakan memiliki kinerja lebih buruk dibandingkan dengan yang diterapkan pada sumbu mayor kolom. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman mengenai kriteria dan persyaratan struktur baja tahan gempa. Selain faktor teknis, popularitas sambungan *haunch* di Indonesia juga dipengaruhi oleh biaya yang lebih rendah serta kemudahan pemasangan di lapangan, bahkan tanpa memerlukan tenaga kerja terampil (Yuana dkk., 2023).

Di Indonesia, penggunaan sambungan terpraktualifikasi masih sangat terbatas, kemungkinan karena biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan dengan sambungan *haunch* (Haghollahi dan Jannesar, 2018). Namun, dari segi pemasangan, baik sambungan *haunch* maupun sambungan terpraktualifikasi relatif mudah dalam hal fabrikasi dan instalasi di lapangan.

Menurut pedoman desain seismik, penggunaan sambungan yang belum terpraktualifikasi sebenarnya diperbolehkan, asalkan kinerjanya telah dibuktikan dan memenuhi kriteria penerimaan dalam AISC 341-16. Sambungan harus mampu berotasi setidaknya 0,04 radian serta memiliki tahanan momen minimal 80% dari M_p balok yang diukur pada muka kolom.

Dalam penelitian ini, perilaku dan kinerja sambungan *haunch* yang diterapkan pada sumbu minor kolom akan diselidiki di bawah pembebanan siklik sebagai simulasi kondisi gempa. Analisis akan dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis elemen hingga, yaitu ABAQUS, dengan prosedur analisis yang mengacu pada pedoman AISC 341-16.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Tahap pertama diawali dengan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan analisis numerik untuk memahami

perilaku sambungan, mulai dari respons linear hingga nonlinear hingga mencapai kegagalan. Analisis dilakukan dengan metode yang mengacu pada AISC 341, sementara analisis numerik menggunakan perangkat lunak berbasis elemen hingga, yaitu ABAQUS.

2.1 Prosedur Desain Sambungan *Haunch*

Sambungan tipe *haunch* yang umum digunakan di Indonesia secara konsep mengacu pada Standar Eropa, yaitu (BS:5950, 2000), yang dijelaskan lebih rinci dalam (SCI P60, 1989) serta skema desain dalam (SCI P207, 1995) untuk perhitungan kapasitas. Model desain yang diterapkan didasarkan pada distribusi kekuatan plastis baut.

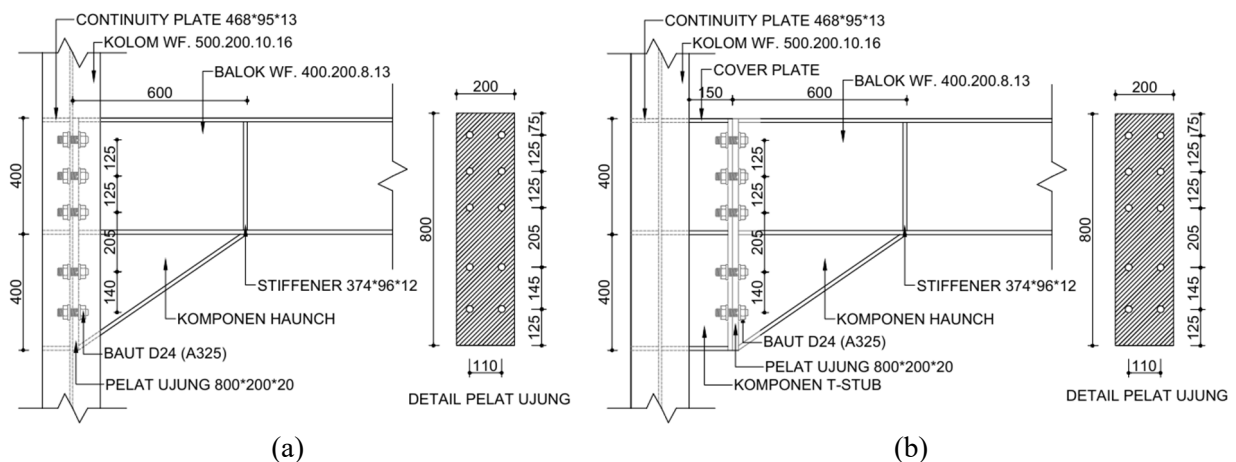
Dalam skema desain SCI P60, sambungan *haunch* diharapkan memiliki ketebalan pelat ujung yang 20% lebih tebal daripada flens balok. Selain itu, SCI P60 juga menjelaskan bahwa ketebalan flens kolom tidak boleh kurang dari 80% ketebalan pelat ujung. Panjang ideal *haunch* harus minimal 6%-10% dari bentang balok, sedangkan tinggi *haunch* yang optimal setara dengan tinggi balok yang digunakan.

Kemiringan atau sudut sambungan *haunch* disesuaikan berdasarkan panjang dan tinggi *haunch*. Diameter baut yang digunakan pada sambungan *haunch* harus minimal sama dengan ketebalan pelat ujung. Namun, diameter baut yang disarankan adalah D24–D30. Detail gambar spesimen sambungan *haunch* dapat dilihat pada Gambar 2. Ketentuan ini biasanya digunakan sebagai acuan awal dalam mendesain sambungan tipe *haunch*. Sementara itu, penampang yang digunakan memiliki dimensi yang diperoleh dari tahapan analisis elastis sesuai dengan pedoman (AISC 360, 2016).

Dimensi yang digunakan merupakan ukuran standar yang umum tersedia di pasaran. Rekapitulasi dimensi penampang dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam studi ini, dua spesimen sambungan akan dianalisis. Spesimen 1 merupakan spesimen sambungan *haunch* yang biasa diterapkan pada sumbu minor kolom (Gambar 2a), sedangkan Spesimen 2 merupakan spesimen sambungan *haunch* yang diterapkan pada sumbu minor kolom dengan tambahan komponen *T – Stub*, yaitu komponen yang biasa diaplikasikan pada sambungan *haunch* yang diterapkan pada sumbu minor kolom sebagai upaya perbaikan yang biasa dilakukan di dalam praktik konstruksi baja di Indonesia (Gambar 2b).

Tabel 1. Rekapitulasi Penampang

Elemen	d (mm)	b (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)
Kolom	500	200	10	16
Balok	400	200	8	13



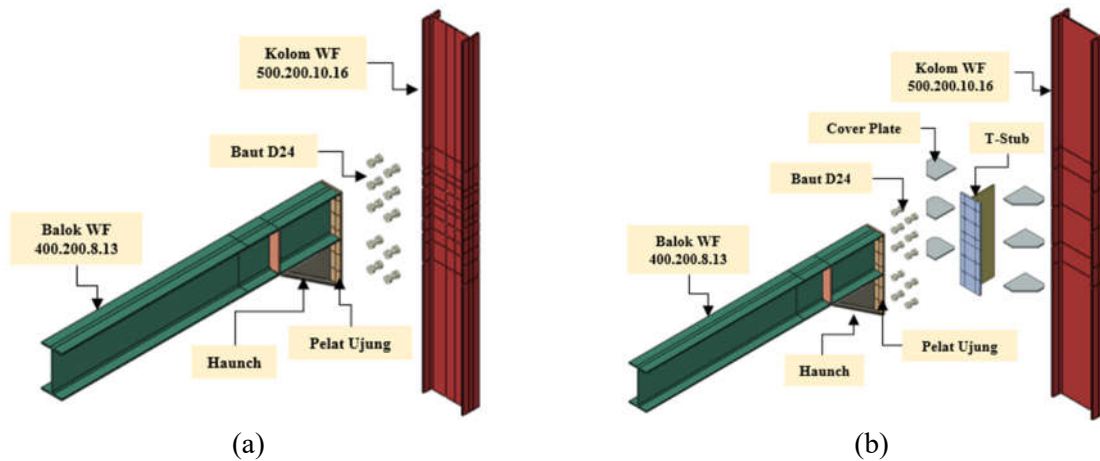
Gambar 2. Geometri Sambungan: (a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2

2.2 Pemodelan Elemen Hingga

Struktur dimodelkan sebagai sambungan balok-kolom eksterior dengan balok tunggal yang menumpu pada kolom, sehingga dianalisis sebagai sistem kantilever. Pemodelan dilakukan pada sumbu minor kolom.

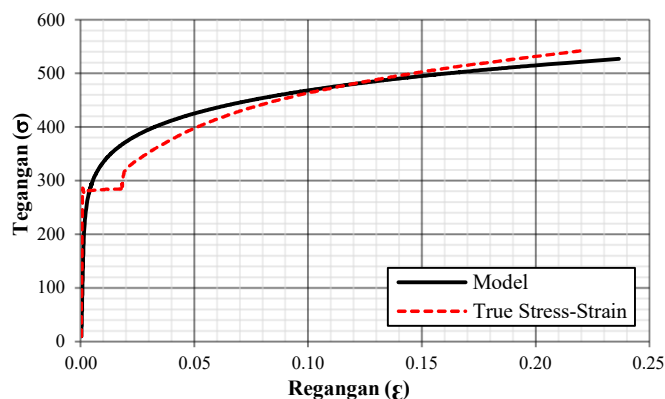
Tinggi kolom dan panjang balok ditentukan berdasarkan kondisi di mana ujung balok dan kolom diasumsikan memiliki nilai momen nol, sebagaimana dijelaskan oleh Landolfo (2017). Konfigurasi sambungan dapat dilihat pada Gambar 3.

Jenis elemen yang dimodelkan dalam program merupakan elemen solid, sebagaimana yang disarankan oleh Ruffley (2011). Elemen yang digunakan adalah C3D8R (*first order reduced integration continuous element*) dengan 8-node dan tiga derajat kebebasan translasi pada setiap node. Elemen ini juga dilengkapi dengan *enhanced hourglass control* untuk memastikan akurasi pemodelan seluruh elemen baja, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan FEM: (a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2

Kontak antarelemen yang diperhitungkan, yaitu interaksi antara permukaan baja yang bergesekan, menggunakan koefisien gesek sebesar 0,3 (AISC 341, 2016). Fitur "*Hard Contact*" diaktifkan dalam program untuk mendefinisikan elemen yang saling menekan sehingga dapat menggambarkan pemisahan elemen akibat kontak antarpermukaan. Sementara itu, fitur "*Tie*" digunakan untuk memodelkan elemen yang dilas, memungkinkan struktur untuk sepenuhnya mentransfer gerakan antara permukaan yang terhubung satu sama lain.



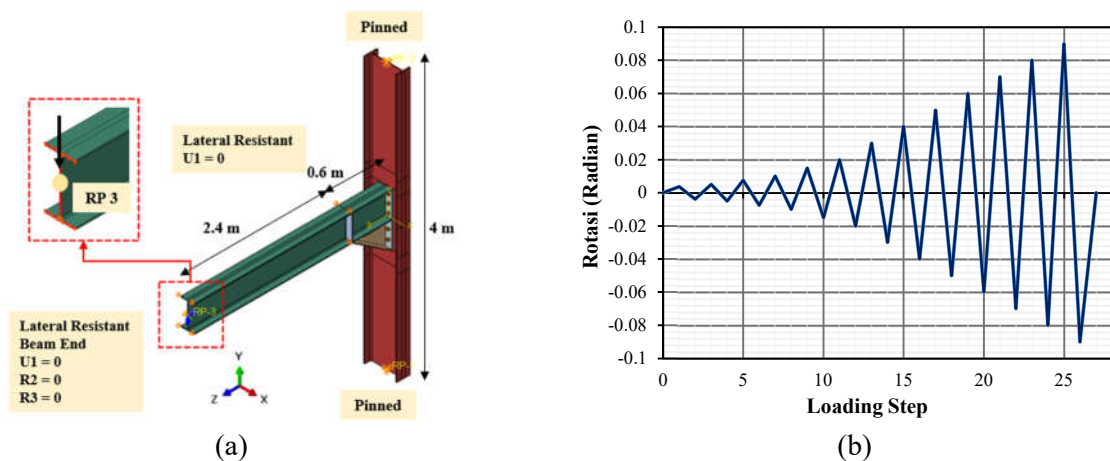
Gambar 4. Kurva Tegangan-Regangan Material

Model material yang digunakan pada model adalah tipe *Multi-Linear* dengan *kinematic hardening* menggunakan model Ramberg-Osgood untuk menggambarkan perilaku elastis-plastis pada seluruh elemen baja, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4. Mutu material yang digunakan seluruhnya adalah baja dengan standar ASTM A36, sedangkan baut mutu tinggi menggunakan HTB A325, sebagaimana disajikan dalam Tabel 2. Dalam simulasi ini, digunakan kriteria kelelahan Von Mises untuk mengevaluasi perilaku material terhadap beban.

Tabel 2. Rekapitulasi Properti Material

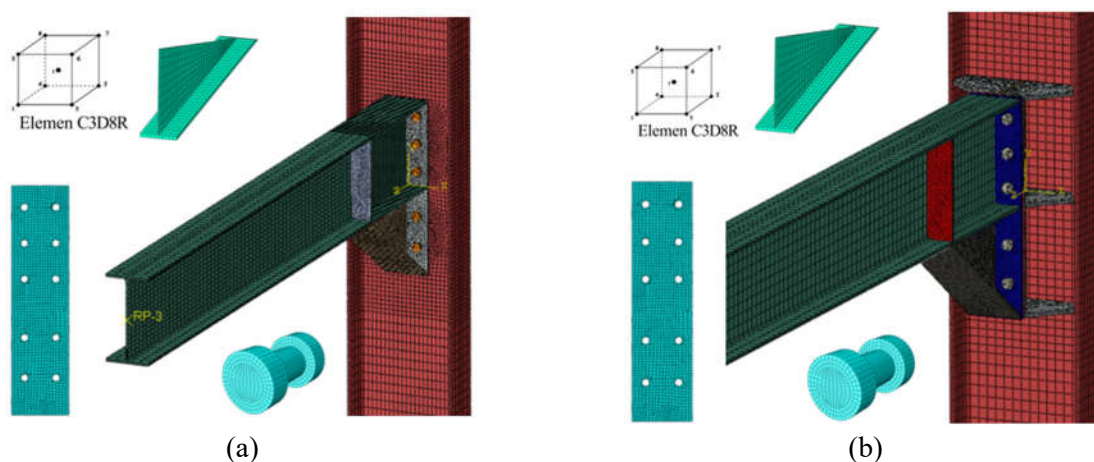
Material	f_y (MPa)	f_u (MPa)	E (GPa)	ν
ASTM A36	286	527	200	0,3
HTB A325	600	840	200	0,3

Untuk mencapai analisis yang akurat, *boundary condition* harus didefinisikan sesuai dengan pola deformasi yang terjadi. Gambar 5a menunjukkan *boundary condition* dan pola pembebanan pada model. *Pin Support* diberikan pada ujung-ujung kolom sebagai representasi perilaku sendi. Pada ujung balok, pergerakan ke arah vertikal diperbolehkan, sedangkan pergerakan lateral dikekang untuk mencegah perilaku keluar bidang.



Gambar 5. Pemodelan FEM: (a) *Boundary Condition*, (b) *Loading Step*

Pembebanan diberikan pada balok dengan membuat titik referensi di tepi balok dan menghubungkan area ujung balok ke titik referensi menggunakan fitur "*Rigid Body*". Beban yang diterapkan berupa *displacement control*, dengan besaran dorongan yang dimasukkan dalam amplitude. Nilai amplitude disesuaikan dengan *loading protocol* yang disyaratkan dalam pedoman AISC 341-16 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5b.



Gambar 6. *Meshing Element*: (a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2

Keakuratan analisis elemen hingga sangat bergantung pada penggunaan *meshing* yang tepat, karena kualitas hasil secara langsung dipengaruhi oleh ukuran dan teknik *meshing* yang digunakan. Pada pemodelan ini, elemen utama balok dan kolom menggunakan ukuran *meshing* 40 mm, sedangkan area di sekitar sambungan menggunakan ukuran *meshing* 20 mm.

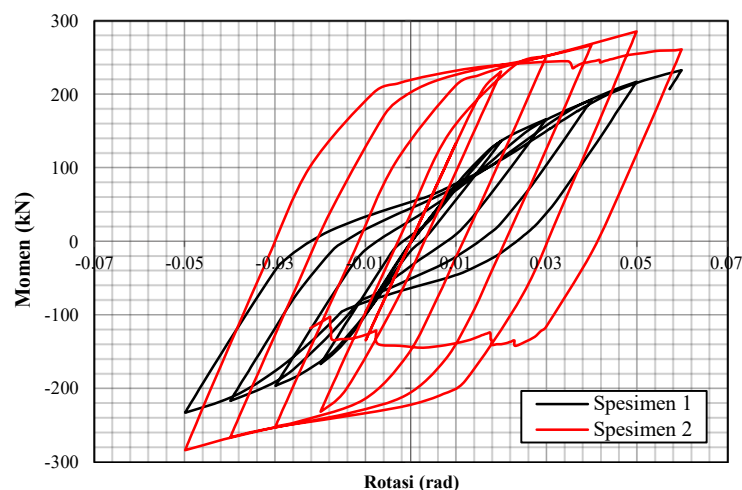
Ukuran *meshing* terkecil diterapkan pada elemen baut, yaitu 3 mm, sementara pada pelat ujung dan *stiffener* digunakan ukuran *meshing* 15 mm, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6. Semua tipe *meshing* dalam analisis ini menggunakan teknik *deep sweep*, dengan element deletion diaktifkan sebesar 0,8 pada kontrol elemen untuk meningkatkan akurasi simulasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis numerik memberikan gambaran mengenai perilaku sambungan *haunch* pada sumbu minor kolom yang umum digunakan di Indonesia. Langkah awal yang harus dipastikan adalah perilaku sambungan dievaluasi kinerjanya berdasarkan ketentuan seismik bangunan tahan gempa yaitu AISC 341-16. Selanjutnya, mekanisme kegagalan yang terjadi pada sambungan harus dipastikan sesuai dengan hierarki mekanisme kegagalan yang direncanakan.

3.1 Perilaku Momen - Rotasi

Kurva histeresis momen-rotasi seperti yang disajikan pada Gambar 7 digunakan untuk menilai kinerja sistem sambungan. Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa kedua perilaku spesimen sambungan memiliki performa yang kurang baik. Meskipun kedua spesimen tidak mengalami penurunan kekuatan hingga rotasi 0,04 radian, kurva momen-rotasi menunjukkan bahwa sambungan ini tidak mencapai kekuatan minimal sebesar 80% dari M_p balok pada rotasi 0,04 radian.



Gambar 7. Perbandingan Kurva Histeresis Spesimen 1 dan Spesimen 2

Fenomena ini disebabkan oleh pola deformasi yang tidak sesuai, yaitu terjadi deformasi plastis pada kolom. Hal tersebut juga mengakibatkan kedua spesimen sambungan memiliki kekakuan yang rendah. Oleh karena itu, sambungan ini tidak memenuhi kriteria penerimaan sebagai sambungan seismik berdasarkan AISC 341-16. Pada Spesimen 1, analisis dihentikan saat menuju rotasi -0,06 radian akibat kegagalan robek yang terjadi pada *web* kolom. Sementara itu, pada Spesimen 2, analisis dihentikan pada rotasi menuju -0,06 radian karena flens kolom mengalami fraktur yang cukup besar.

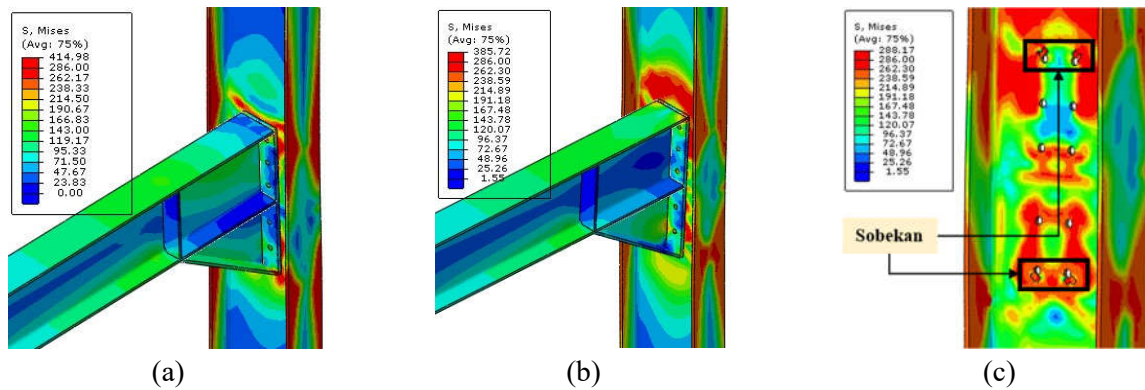
3.2 Distribusi Tegangan dan Regangan Sistem Sambungan

Sistem sambungan dapat dikategorikan baik jika pola kegagalan yang terjadi sesuai dengan hierarki pola kegagalan yang direncanakan. Dalam hal ini, kegagalan seharusnya hanya terjadi pada elemen balok yang didesain sebagai elemen sekring. Dalam simulasi ini, kriteria kelelahan von Mises digunakan, di mana warna merah pada *nephogram* tegangan menandakan bahwa bagian tersebut telah memasuki rentang inelastis (kelelahan).

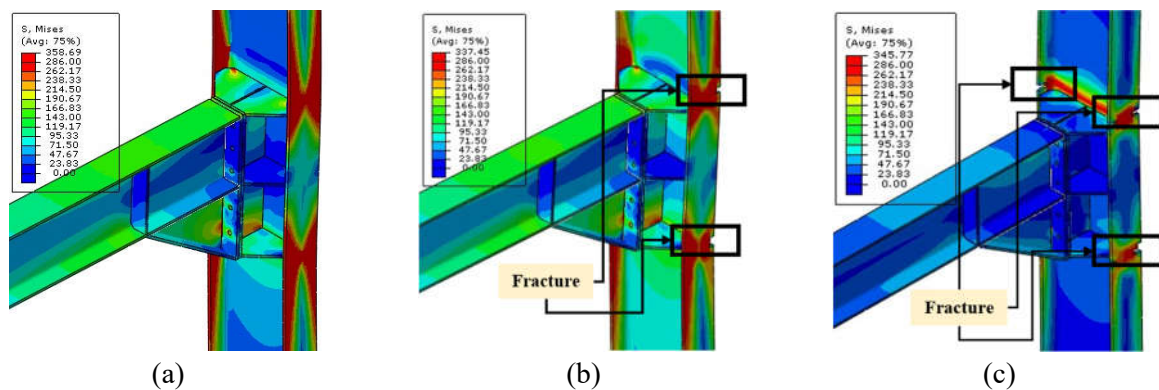
Gambar 8 menunjukkan distribusi tegangan dan pola kegagalan yang terjadi pada Spesimen 1. Pada Gambar 8a, terlihat kondisi sambungan pada saat rotasi mencapai 0,04 radian. Gambar 8b menunjukkan

kondisi sambungan saat rotasi mencapai 0,06 radian. Sementara itu, pada Gambar 8c menunjukkan kondisi sambungan saat menuju rotasi -0,06 radian, di mana terjadi kegagalan robekan pada *web* kolom.

Selanjutnya, Gambar 9 menyajikan distribusi tegangan dan pola kegagalan yang terjadi pada Spesimen 2. Pada Gambar 9a, terlihat kondisi sambungan pada saat rotasi mencapai 0,04 radian. Gambar 9b menunjukkan kondisi sambungan saat rotasi mencapai 0,06 radian. Sementara itu, Gambar 9c menunjukkan kondisi sambungan saat menuju rotasi -0,06 radian, di mana terjadi kegagalan robekan pada flens kolom.



Gambar 8. Distribusi Tegangan dan Pola Kegagalan Spesimen 1: (a) Rotasi 0,04 rad (b) Rotasi 0,06 rad (c) Menuju Rotasi -0,06 rad



Gambar 9. Distribusi Tegangan dan Pola Kegagalan Spesimen 2: (a) Rotasi 0,04 rad, (b) Rotasi 0,06 rad, (c) Menuju Rotasi -0,06 rad

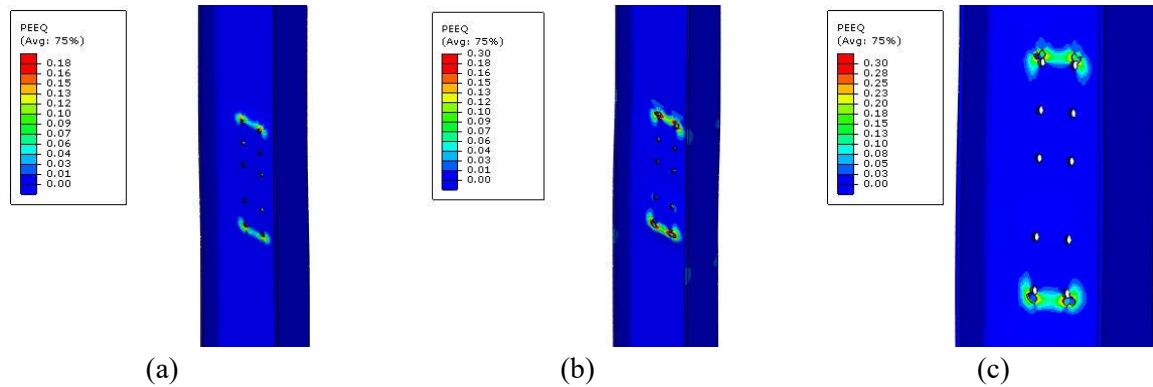
Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9, dapat diamati bahwa kerusakan hanya terjadi pada elemen kolom, sementara balok yang didesain sebagai sekring tidak mengalami kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa pola kegagalan pada Spesimen 1 dan Spesimen 2 tidak sesuai dengan hierarki pola kegagalan yang diinginkan, karena kegagalan justru terjadi pada elemen kolom. Akibatnya, sistem sambungan memiliki kekakuan yang rendah serta kekuatan yang tidak optimal.

Gambar 10 menyajikan distribusi regangan plastis yang terjadi pada Spesimen 1. Dari gambar tersebut, terlihat bahwa regangan plastis terdistribusi pada *web* kolom. Sementara itu, Gambar 11 menampilkan distribusi regangan plastis pada Spesimen 2, di mana regangan plastis terjadi pada area flens kolom. Dengan demikian, kedua spesimen menunjukkan distribusi regangan plastis yang tidak sesuai, karena terjadi pada elemen kolom yang bukan merupakan elemen sekring.

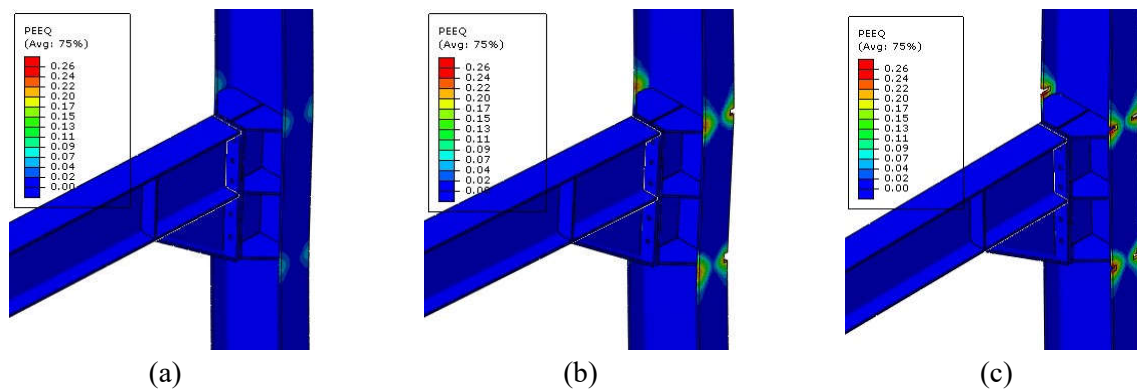
3.3 Disipasi Energi

Pada struktur dengan kontrol perpindahan, energi gempa seharusnya diserap oleh elemen tertentu, yaitu balok, yang dirancang untuk menyerap energi gempa melalui deformasi plastis. Nilai energi serapan diperoleh dari deformasi plastis pada setiap elemen. Gambar 12a menunjukkan distribusi energi serapan

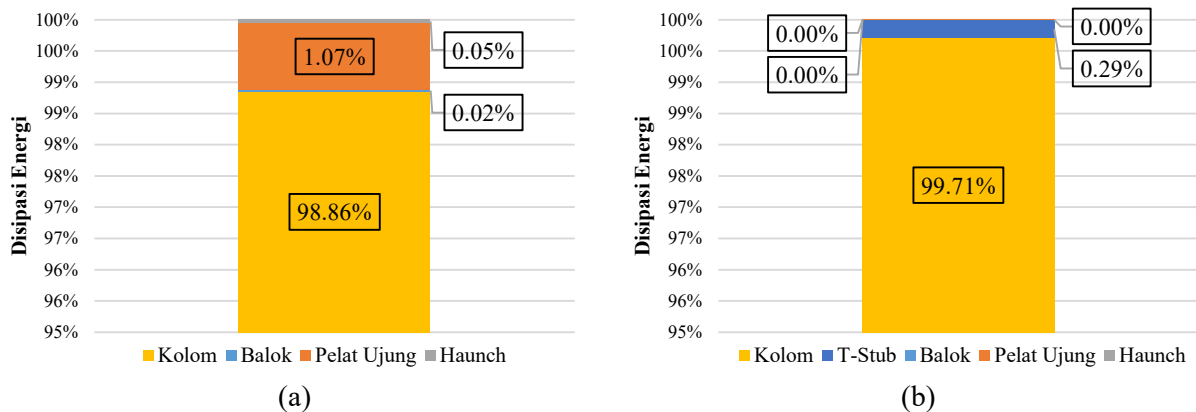
pada Spesimen 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen balok hanya menyerap energi sebesar 0,02%, sementara elemen kolom menyerap 98,86%, komponen *haunch* 0,05%, dan elemen pelat ujung 1,07%.



Gambar 10. Distribusi Regangan Plastis Spesimen 1; (a) Rotasi 0,04 rad (b) Rotasi 0,06 rad (c) Menuju Rotasi -0,06 rad



Gambar 11. Distribusi Regangan Plastis Spesimen 2; (a) Rotasi 0,04 rad (b) Rotasi 0,06 rad (c) Menuju Rotasi -0,06 rad



Gambar 12. Pembagian Energi Serapan; (a) Spesimen 1 (b) Spesimen 2

Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar energi gempa justru diserap oleh elemen kolom dan pelat ujung, padahal kedua elemen ini bukan elemen yang didesain untuk mendisipasi (menyerap) energi gempa. Dengan demikian, deformasi plastis (kerusakan) terjadi terutama pada elemen kolom, sehingga hierarki kegagalan yang diinginkan tidak tercapai. Sementara itu, Gambar 12b menampilkan distribusi energi serapan pada Spesimen 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen balok tidak menyerap energi sama sekali (0,0%), sementara elemen kolom menyerap 99,71%, komponen *haunch* 0,0%, komponen T-Stub 0,29%, dan elemen pelat ujung 0,0%.

Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh energi gempa diserap oleh elemen kolom, yang tidak didesain sebagai elemen penyerap energi gempa. Akibatnya, deformasi plastis tidak terjadi pada elemen balok, sehingga hierarki kegagalan yang diharapkan kembali tidak tercapai.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji kinerja dan potensi kegagalan sambungan *haunch* yang diterapkan pada sumbu minor kolom. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis elemen hingga ABAQUS untuk memperoleh gambaran kinerja serta perilaku sistem sambungan. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Spesimen 1 dan Spesimen 2 tidak memenuhi kriteria penerimaan berdasarkan AISC 341-16. Kedua spesimen tidak menunjukkan perilaku yang baik, karena tidak mampu mencapai kekuatan minimal 80% M_p balok pada rotasi 0,04 radian.
2. Kedua spesimen tidak memiliki kekuatan dan stabilitas yang memadai. Hal ini disebabkan oleh pola deformasi yang tidak sesuai dengan yang diharapkan, di mana deformasi plastis seharusnya terjadi pada balok sebagai elemen sekring, tetapi justru terjadi pada elemen lain.
3. Pola kegagalan yang terjadi menunjukkan pola kegagalan yang tidak diinginkan, yaitu kegagalan terjadi pada elemen kolom. Hal ini bertentangan dengan konsep hierarki kegagalan yang diharapkan dalam sistem sambungan tahan gempa.
4. Penyerapan energi pada kedua spesimen tidak sesuai dengan konsep desain tahan gempa. Deformasi plastis yang terjadi tidak mencerminkan hierarki kegagalan yang direncanakan, karena elemen yang tidak didesain sebagai sekring justru mengalami kerusakan.
5. Sambungan *haunch* pada sumbu minor kolom, baik Spesimen 1 maupun Spesimen 2 yang telah dilakukan upaya perbaikan, tidak direkomendasikan untuk digunakan dalam struktur baja tahan gempa. Hal ini disebabkan oleh kinerja sambungan yang tidak memenuhi persyaratan sebagai sambungan seismik.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC 341. 2016. *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*.
- AISC 358. 2016. *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*.
- AISC 360. 2016. *Specification for Structural Steel Buildings*.
- BS:5950. 2000. *Structural use of steelwork in building Part 1 1: Code of practice for design Rolled and welded sections* (Part 1). BSI.
- Eurocode 3. 1993. *EN 1993-1-1: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*.
- Feng, S., Liu, Z., Zhou, X., & Guo, Z. 2020. Seismic performance of curved haunched connections in modularized prefabricated steel structures. *Journal of Constructional Steel Research*. 172. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106188>
- Haghollahi, A., & Jannesar, R. 2018. Cyclic Behavior of Bolted Extended End-Plate Moment Connections with Different Sizes of End Plate and Bolt Stiffened by a Rib Plate. *Civil Engineering Journal*. 4(1), 200. <https://doi.org/10.28991/cej-030979>
- Jakab, D., Stratan, A., & Dubina, D. 2019. Numerical testing of steel beam-to-column bolted extended end-plate connection with haunches. *ITM Web of Conferences*. 29, 02008. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20192902008>
- Lai, J.-W., Schoettler, M., Wang, S., & Mahin, S. A. 2015. *Seismic Performance Assesment of a Tall Building Having Pre-Northridge Moment-Resisting Connections*.
- Landolfo, R. 2017. *European pre-QUALified steel JOINTS (EQUALJOINTS)*.

- Lor, H. A., Izadinia, M., & Memarzadeh, P. 2018. Experimental and numerical study of I-shape slit dampers in connections. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 15(11).
<https://doi.org/10.1590/1679-78254416>
- Nazaralizadeh, H., Ronagh, H., Memarzadeh, P., & Behnamfar, F. 2022. A practical design approach to bolted end-plate vertical-slits RWS connection. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 20(1), 547–586.
<https://doi.org/10.1007/s10518-021-01238-2>
- Park, H.-Y., & Oh, S.-H. 2020. Structural performance of beam system with T-stub type slit damper. *Engineering Structures*. 205, 109858. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109858>
- Rahnemoun, M., Tabrizi, S. K., & Ashtari, P. 2022. Experimental and numerical study on innovated steel Shear Resisting Frame with Haunched Beams (SRFHBs). *Journal of Constructional Steel Research*. 197, 107495. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2022.107495>
- Ruffley, D. J. 2011. *A Finite Element Approach for Modeling Bolted Top-and-Seat Angle Components and Moment Connections*.
- Saberi, H., Saberi, V., Kheyroddin, A., & Gerami, M. 2019. Seismic Behavior of Frames with Bolted End Plate Connections Rehabilitated by Welded Haunches Under Near- and Far-Fault Earthquakes. *International Journal of Steel Structures*. 19(2), 672–691. <https://doi.org/10.1007/s13296-019-00203-9>
- Sadid, M. S. 2022. Effect of The Haunch Angle and Stiffener Types on Column-Beam Connection Behaviour Under Static Loading. *Civil Engineering Beyond Limits*. 3(4), 1–13.
<https://doi.org/10.36937/cebel.2022.1777>
- SCI P60. 1989. *SCI P60 Design of haunched composite beams in buildings*. Steel Construction Institute.
- SCI P207. 1995. *SCI_P207 Joints in Steel Construction Momen Connection*.
- SNI 7972. 2020. *Standar Nasional Indonesia Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik*. www.bsn.go.id
- Stratan, A., Maris, C., Dubina, D., & Neagu, C. 2017. Experimental prequalification of bolted extended end plate beam to column connections with haunches. *Ce/Papers*. 1(2–3), 414–423.
<https://doi.org/10.1002/cepa.77>
- Syarifudin, A., Hakim, L., & Sukma Yuana, P. 2024. Analisis Potensi Kegagalan yang Mungkin Terjadi Pada Sambungan Haunched Yang Biasa Diterapkan di Indonesia Dengan Metode Numerik. *Dinamika Teknik Sipil Majalah Ilmiah Teknik Sipil*. 17, 37–46.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23917/dts.v17i1.5315>
- Yuana, P. S., Moestopo, M., Kusumastuti, D., & Pratiwi, N. 2023. An Overview of Commonly Used Steel Beam-Column Connection in Indonesia for Low-Rise Building. *INTEK: Jurnal Penelitian*. 10(1), 7.
<https://doi.org/10.31963/intek.v9i2.4135>
- Yuana, P. S., Moestopo, M., Kusumastuti, D., & Suarjana, M. 2024. *Development of Beam-Column Connection in Special Moment-Resisting Frame Steel Structures*. 869–877.
https://doi.org/10.1007/978-981-97-0751-5_74