

REPUBLIC INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202315004, 18 Februari 2023

Pencipta

Nama : **Kelsen Andrian Priestley dan Andy Prabowo Pho**
Alamat : Jalan Kegembiraan IV, Citra 2 Blok O6 No 12A, RT006/RW012,
Pegadungan, Kalideres, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11440
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas
Tarumanagara**
Alamat : Jl. Letjen. S. Parman No. 1 Grogol, Jakarta Barat, Jakarta Barat, DKI
JAKARTA, 11440
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Poster**
Judul Ciptaan : **Perilaku RHS Lean Duplex Stainless Steel Berlubang Terhadap
Kegagalan Lentur Murni Pada Temperatur Ekstrem**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 20 Januari 2023, di Jakarta
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh
puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1
Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan : 000447927

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LATAR BELAKANG

Baja merupakan salah satu material struktur yang paling sering digunakan selain dari kayu maupun beton dalam konstruksi bangunan. Material baja sendiri dibagi menjadi 2 yaitu baja gilas panas dan baja canai dingin. Baja gilas panas adalah material baja yang dibentuk dalam temperatur yang sangat tinggi sedangkan baja canai dingin adalah material baja yang dibentuk dalam temperatur yang normal. Namun, sering kita jumpai ada jenis baja canai dingin yang sering digunakan dalam konstruksi bangunan yaitu baja tahan karat (*stainless steel*). Baja tahan karat ini sering digunakan karena dari sifatnya yang tahan karat. Karena material baja tersebut tahan karat, pemeliharaan material baja terhadap karat akan lebih mudah.

Baja tahan karat ini memiliki berbagai kelas, salah satunya adalah kelas *lean duplex* (EN 1.4162). Menurut Huang dan Young (2013), baja tahan karat *lean duplex* ini memiliki harga yang lebih rendah serta kekuatan material yang tidak jauh berbeda dibandingkan baja tahan karat *duplex*. Selain itu, menurut Chen et al. (2022), balok baja berlubang yang terbuat dari baja canai dingin sering digunakan dalam konstruksi. Dengan adanya lubang pada badan balok baja, sistem listrik, pipa dan lainnya dapat dipasang melewati lubang tersebut sehingga dapat memperindah tampilan. Selain itu, dapat mengurangi tinggi lantai dari bangunan, berat sendiri dari komponen struktur dan biaya material.

Dibandingkan dengan baja karbon, baja tahan karat berkinerja jauh lebih baik dalam hal ketahanan api dan mempertahankan kekuatan dan kekakuan pada temperatur ekstrim (Lai et al., 2012). Saat terjadi kebakaran, baja menjadi salah satu elemen struktur yang penting dalam mempertahankan kekuatan bangunan untuk mencegah terjadinya keruntuhan prematur. Oleh karena itu, perancangan kekuatan struktur baja perlu mempertimbangkan aspek ketahanan terhadap bencana kebakaran termasuk pada struktur baja tahan karat. Adanya lubang pada elemen struktur baja memperparah terjadinya penurunan kekuatan struktur saat terjadi kebakaran.

Penelitian tentang perilaku RHS (*Rectangular Hollow Section*) *lean duplex stainless steel* pada temperatur ekstrim masih belum banyak dilakukan khususnya pada profil RHS berlubang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh metode perhitungan kekuatan penampang RHS baja tahan karat *lean duplex* berlubang.

RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana perilaku baja tahan karat *lean duplex* terhadap temperatur ekstrim?
2. Bagaimana perilaku penampang RHS baja tahan karat *lean duplex* berlubang terhadap temperatur ekstrim?
3. Bagaimana pola kegagalan lentur murni dari baja tahan karat *lean duplex* terhadap temperatur ekstrim?
4. Bagaimana akurasi desain eksisting balok baja *lean duplex* berlubang dari peraturan yang ada sekarang?

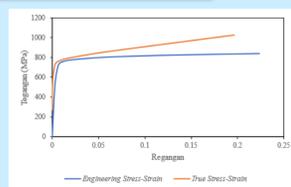
MAKSUD DAN TUJUAN

1. Mengetahui perilaku baja tahan karat *lean duplex* terhadap temperatur ekstrim.
2. Mengetahui perilaku penampang RHS baja tahan karat *lean duplex* berlubang terhadap temperatur ekstrim.
3. Mengetahui pola kegagalan lentur murni dari baja tahan karat *lean duplex* terhadap temperatur ekstrim.
4. Mengetahui akurasi desain eksisting balok baja *lean duplex* berlubang dari peraturan yang ada sekarang.

DASAR TEORI

Pemodelan Properti Material

Pemodelan properti material baja *lean duplex* dapat diperoleh dari hasil penelitian Huang & Young (2014). Dari pemodelan properti material ini, didapatkan nilai *engineering stress-strain* yang kemudian diubah menjadi *true stress-strain* untuk dimasukkan ke pemodelan di ABAQUS. Kurva *engineering stress-strain* dan *true stress-strain* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Tegangan Regangan Pada Temperatur 24°C

Metode Kekuatan Langsung (*Direct Strength Method*)

Pada peraturan yang berlaku saat ini, terdapat 2 metode desain penampang baja *cold-formed* yaitu *effective width method* (EWM) dan *direct strength method* (DSM). Pada EWM, desain kekuatan penampang mengandalkan properti efektif penampang yang memerlukan rumus-rumus lebar efektif. Metode ini akhirnya menjadi tidak efektif efisien apabila digunakan pada untuk menghitung kekuatan profil penampang berlubang (Prabowo, 2022).

Menurut Schafer (2008), DSM dapat digunakan karena tidak memerlukan perhitungan ulang properti penampang dan rumus-rumus lebar efektif. Namun, pada DSM digunakan bantuan program *finite strip method* bernama CUFSM yang bertujuan untuk memperoleh kapasitas tekuk elastik. Nilai kapasitas tekuk elastik ini sangat diperlukan untuk menghitung rumus kekuatan penampang secara keseluruhan (Prabowo, 2022).

Dalam perhitungan DSM, terdapat 2 persamaan DSM, yaitu ASCE-8 (2021) dan Chen et al. (2022). Kekuatan lentur penampang menurut ASCE-8 (2021) (M_{ASCE}) dapat ditentukan dari nilai yang paling minimum antara momen tekuk global (M_{ne}) dan momen tekuk lokal (M_{nl}). Persamaan kekuatan lentur menggunakan prinsip DSM dari Chen et al. (2022) ($M_{DSM}^{\#}$) mengacu pada peraturan AISI (2016). $M_{DSM}^{\#}$ dapat ditentukan dari nilai M_{nl} . Hasil penelitian dari Chen et al. (2022) adalah usulan mengenai perbaikan rumus M_{nl} .

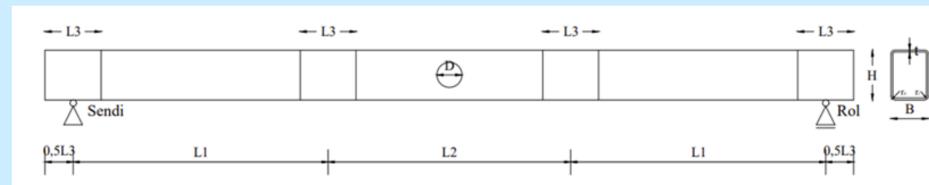
Analisis Keandalan

Dalam mengevaluasi rumus kapasitas penampang lentur dari balok baja berlubang kelas *lean duplex*, dilakukan analisis keandalan menurut ASCE-8 (2021). Tujuan melakukan analisis keandalan untuk memperoleh nilai indeks keandalan (β_o) dari rumus kapasitas yang sedang dievaluasi. Rumus kapasitas yang memiliki nilai β_o melebihi target, yaitu sebesar 2,5 bisa dikatakan aman.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan studi literatur dan studi numerik berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Huang & Young (2014) dan Chen et al. (2022). Dalam penelitian ini, akan dilakukan 200 simulasi numerik dengan ukuran penampang seperti Tabel 1. Masing-masing penampang akan diuji sebanyak 25 kali dengan variasi ukuran lubang dan variasi temperatur simulasi. Variasi ukuran lubang terhadap tinggi bersih RHS, yaitu 0%, 20%, 50%, 70% dan 90%. Variasi temperatur simulasi, yaitu 24°C, 300°C, 500°C, 700°C dan 900°C.

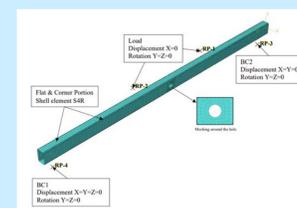
Dalam simulasi numerik, penelitian ini menggunakan pemodelan *four-point bending* yang dilakukan oleh Chen et al. (2022). Benda uji dimodelkan dengan bantuan program *finite element* 3D, ABAQUS. Perletakan dimodelkan seperti Gambar 3. Model diberikan nama seperti L60x40x4D90T24 dengan keterangan L adalah *lean duplex*, 60x40x4 adalah ukuran penampang (HxBxt), D90 adalah proporsi lubang sebesar 90% dan T24 adalah temperatur simulasi 24°C. Detail ukuran penampang RHS dapat dilihat pada Gambar 2. dan Tabel 1.



Gambar 2. Detail Penampang RHS

Tabel 1. Detail Penampang RHS

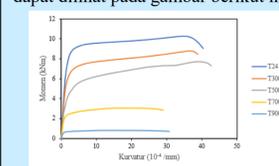
H (mm)	B (mm)	t (mm)	r_o (mm)	r_i (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)
60	40	4	7,63	4,44	410	390	90
120	80	3	6,63	4,13	410	390	90
300	120	2	6,5	4,5	1400	1400	350
380	286	2	6,5	4,5	1400	1400	350
380	152	1,5	6,25	4,75	1400	1400	350
380	380	4	7,5	3,5	1400	1400	350
380	570	4	7,5	3,5	1400	1400	350
380	570	2	6,5	4,5	1400	1400	350



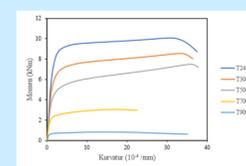
Gambar 3. Model Numerik

ANALISIS

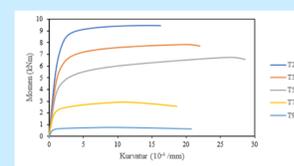
Dari hasil analisis, dapat dibuat momen versus kurvatur dengan ukuran lubang yang berbeda-beda. Momen vs kurvatur dapat dilihat pada gambar berikut ini.



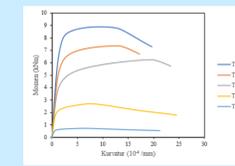
Gambar 4. Momen Vs Kurvatur L60x40x4D0



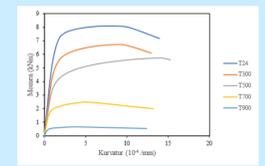
Gambar 5. Momen Vs Kurvatur L60x40x4D20



Gambar 6. Momen Vs Kurvatur L60x40x4D50

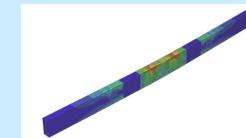


Gambar 7. Momen Vs Kurvatur L60x40x4D70



Gambar 8. Momen Vs Kurvatur L60x40x4D90

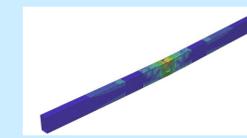
Dari hasil analisis, dapat dilihat model keruntuhan pada ukuran lubang yang berbeda-beda. Model keruntuhan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



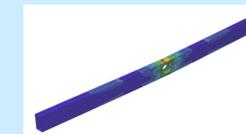
Gambar 9. Model Keruntuhan L300x120x2D0T24



Gambar 10. Model Keruntuhan L300x120x2D20T24



Gambar 11. Model Keruntuhan L300x120x2D50T24



Gambar 12. Model Keruntuhan L300x120x2D70T24



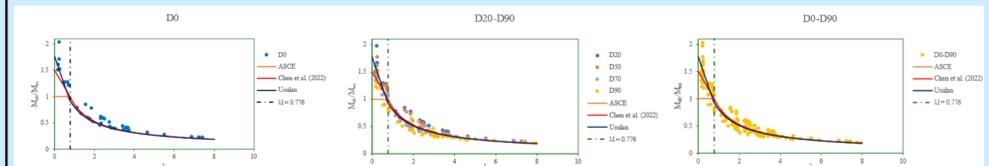
Gambar 13. Model Keruntuhan L300x120x2D90T24

Dari kedua persamaan DSM yang ada, diusulkan persamaan modifikasi DSM (M_{prop}). Hasil analisis keandalan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Keandalan

	$\frac{M_{ult}}{M_{ASCE}}$			$\frac{M_{ult}}{M_{DSM}^{\#}}$			$\frac{M_{ult}}{M_{prop}}$		
	D0	D20-D90	D0-D90	D0	D20-D90	D0-D90	D0	D20-D90	D0-D90
Jumlah Data	40	160	200	40	160	200	40	160	200
Mean	1,23	1,13	1,15	1,14	1,03	1,05	1,14	1,04	1,06
COV	0,178	0,195	0,194	0,115	0,136	0,138	0,114	0,138	0,139
β_o	2,87	2,50	2,57	2,97	2,48	2,56	3,00	2,50	2,58
ϕ	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Dari Tabel 2., dapat dilihat bahwa persamaan M_{prop} memiliki hasil yang paling baik karena nilai β_o sedikit diatas 2,5 baik untuk penampang RHS tanpa lubang dan penampang RHS berlubang. Walaupun nilai mean dan COV dari M_{prop} mirip seperti $M_{DSM}^{\#}$, $M_{DSM}^{\#}$ tidak *reliable* karena hasil pada D20-D90 tidak mencapai nilai 2,5. Keseluruhan nilai M_{ult}/M_{ne} yang dihitung menggunakan 3 persamaan DSM ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 14. Data Hasil Analisis ABAQUS yang Ditampilkan pada 3 Kurva DSM Berdasarkan Penampang Tanpa Lubang dan Berlubang

KESIMPULAN

Semakin besar temperatur yang digunakan saat simulasi, maka semakin besar penurunan kekuatan yang diperoleh pada penampang RHS tanpa lubang. Semakin besar ukuran lubang dan temperatur, semakin besar penurunan kekuatan pada penampang RHS berlubang. Meskipun demikian, hasil simulasi menunjukkan terjadinya kenaikan kekuatan pada penampang dengan proporsi lubang sebesar 20% akibat redistribusi tegangan. Seluruh penampang menunjukkan keruntuhan dari perilaku lentur murni yang diperoleh dari metode *four-point bending*. Hasil analisis keandalan dari M_{ASCE} dan $M_{DSM}^{\#}$ memperlihatkan bahwa hasil tersebut aman tetapi tidak *reliable* karena pada $M_{DSM}^{\#}$ hasil pada D20-D90 tidak mencapai nilai 2,5. Hasil analisis keandalan dari M_{prop} memperlihatkan bahwa hasil tersebut aman dan lebih *reliable* jika dibandingkan dengan M_{ASCE} dan $M_{DSM}^{\#}$.