

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 : EC00202315005, 18 Februari 2023

## Pencipta

Nama : **Jonathan dan Andy Prabowo Pho**  
Alamat : Mutiara Taman Palem Blok E1/59; RT 006/ RW014; Cengkareng Timur, Cengkareng, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11730  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara**  
Alamat : Jl. Letjen. S. Parman No. 1 Grogol, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11440  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Poster**  
Judul Ciptaan : **Desain Kekuatan Balok RHS Berlubang Pada Temperatur Ekstrem Terbuat Dari Cold-formed Austenitic Stainless Steel**  
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 : 000447928

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

Pada zaman sekarang, negara Indonesia sudah memiliki banyak gedung pencakar langit atau bangunan tinggi. Salah satu alternatif bahan material konstruksi dari bangunan tinggi adalah material baja yang memiliki berbagai macam bentuk profil. Salah satu material baja yang tersedia di pasaran memiliki sifat tahan karat. Material semacam ini dapat terfabrikasi dari material baja canai dingin (*cold-formed*). Baja tahan karat mempunyai beberapa macam jenis, yang salah satu paling banyak digunakan adalah baja tahan karat *austenitic* (EN 1.4301).

Berbagai macam bentuk profil dapat difabrikasi dari material baja tahan karat, salah satunya profil RHS (*Rectangular Hollow Section*). Profil ini dapat dibentuk menggunakan teknik *hot-rolled* maupun *cold-formed*. Untuk kecepatan pada proses konstruksi, profil yang terbuat dari proses *cold-formed* lebih disukai karena relatif cepat pengerjaannya. Namun demikian, desain profil *cold-formed* RHS dari baja tahan karat masih belum terdefinisi dengan baik karena masih mengikuti desain profil baja karbon. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan memodifikasi desain profil *cold-formed* RHS dari material baja tahan karat yang mengikutsertakan pengaruh lubang dan temperatur ekstrim. Pengaruh lubang muncul dari keperluan utilitas bangunan yang sering menembus balok struktur akibat dari keterbatasan ketinggian antar lantai bangunan. Pengaruh temperatur ekstrim dapat muncul dari akibat yang terjadi ketika bangunan mengalami kebakaran.

### RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola kegagalan lentur murni dari material baja tahan karat *austenitic* terhadap temperatur ekstrim?
2. Bagaimana perilaku balok struktural RHS berlubang dari material baja tahan karat *austenitic* pada temperatur ekstrim?
3. Bagaimana akurasi desain eksisting balok baja berlubang *austenitic* di peraturan yang ada sekarang?
4. Bagaimana hasil dari keamanan desain struktur dari peraturan yang berlaku saat ini, terutama jika terjadi kecelakaan kebakaran?

### DASAR TEORI

#### Baja Tahan Karat *Austenitic*

Baja tahan karat *austenitic* tidak memiliki sifat feromagnetik, akan tetapi memiliki sifat mampu bentuk, kemampuan las dan ketahanan korosi yang sangat baik. Jenis baja tahan karat ini sangat cocok untuk diaplikasikan pada sistem temperatur tinggi. Di sisi lain, baja tahan karat *austenitic* memiliki kekuatan leleh yang relatif rendah dan hanya dapat diperkuat dengan pengerjaan dingin (*cold working*), pengerasan presipitasi (*precipitation hardening*) atau penguatan larutan padat (*substitutional solid solution*).

#### Pemodelan Properti Material pada Temperatur Ekstrim

Pemodelan properti material pada program ABAQUS adalah kunci dalam pemodelan numerik untuk meniru perilaku spesimen seperti pada saat pengujian. Dalam penelitian ini, perilaku material pada temperatur ekstrim akan diperoleh dari hubungan tegangan-regangan yang diusulkan oleh peneliti Chen & Young (2006) untuk baja tahan karat *austenitic*.

#### Pemodelan Simulasi Numerik

Pemodelan simulasi numerik menggunakan prinsip Chen et al. (2022) dan bantuan program ABAQUS untuk memodelkan balok struktural RHS baja tahan karat *austenitic* yang berlubang dengan ukuran tertentu. Hasil dari simulasi numerik akan menggantikan pengujian fisik di laboratorium sebagai metode pengumpulan data.

#### Metode Kekuatan Langsung

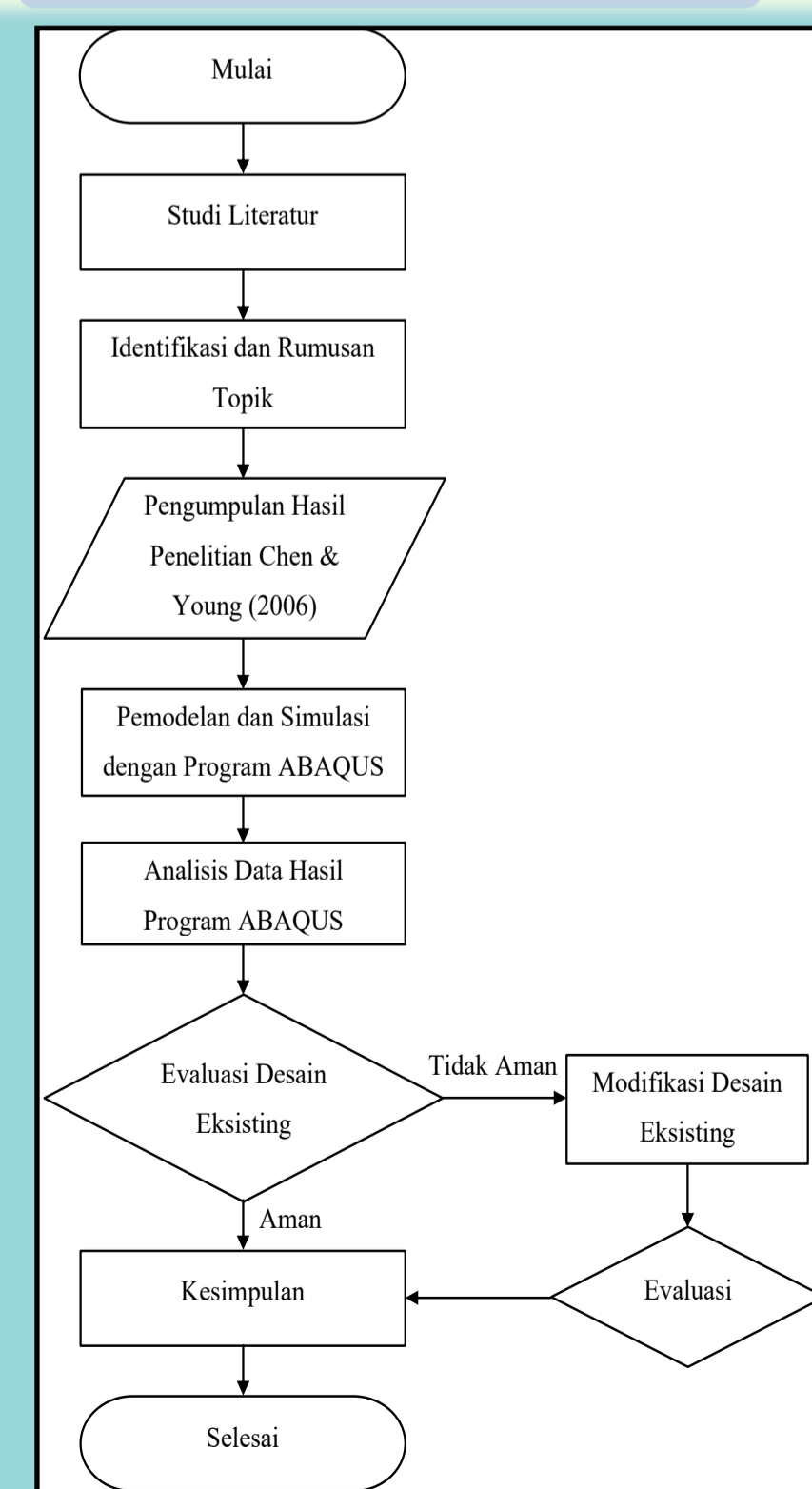
Metode kekuatan langsung (*direct strength method/DSM*) digunakan untuk menghitung prediksi kekuatan terhadap penampang balok struktural RHS. Aturan desain saat ini yang telah ditentukan oleh ASCE-8 (2021) dan prediksi baru yang diusulkan oleh Chen et al. (2022) akan dievaluasi. Evaluasi tersebut akan didasarkan pada berbagai parameter yang mempengaruhi perilaku balok RHS berlubang, seperti rasio aspek penampang dan ukuran lubang.

### MAKSUD DAN TUJUAN

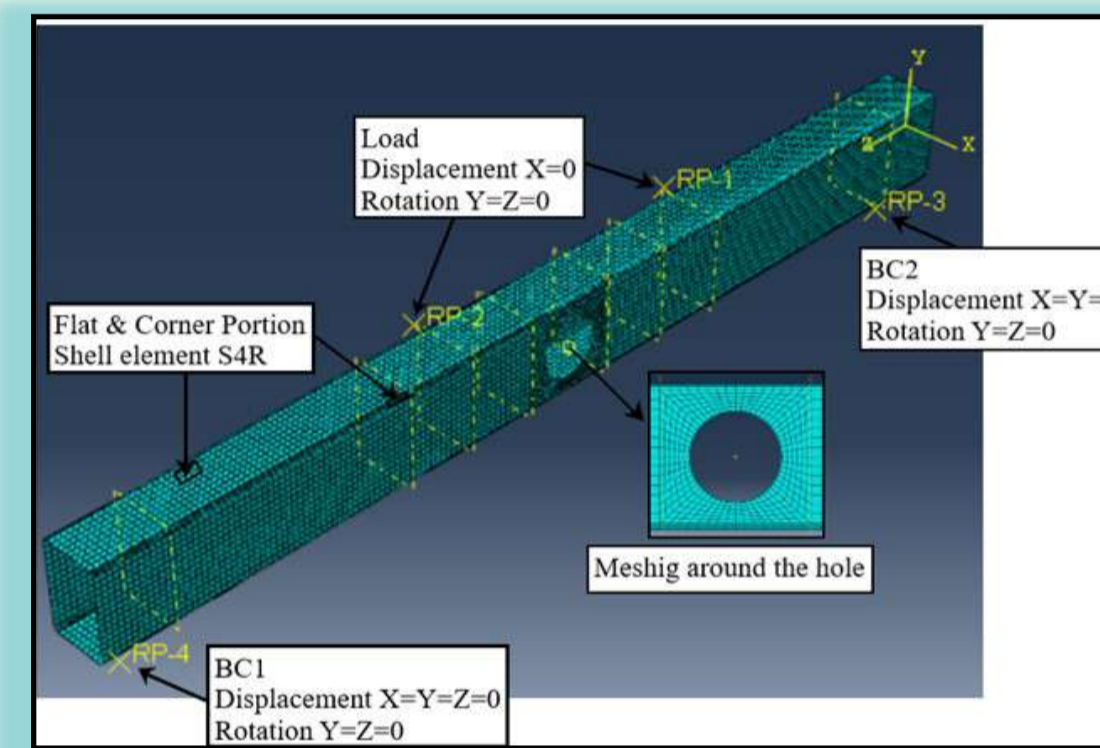
Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pola kegagalan lentur murni dari material baja tahan karat *austenitic* terhadap temperatur ekstrim.
2. Untuk mengetahui perilaku balok struktural RHS dari material baja tahan karat *austenitic* pada temperatur ekstrim.
3. Untuk mengevaluasi akurasi desain eksisting balok baja berlubang *austenitic* di peraturan yang ada sekarang.
4. Untuk mengetahui hasil dari keamanan desain struktur, terutama jika terjadi kecelakaan kebakaran.

### METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

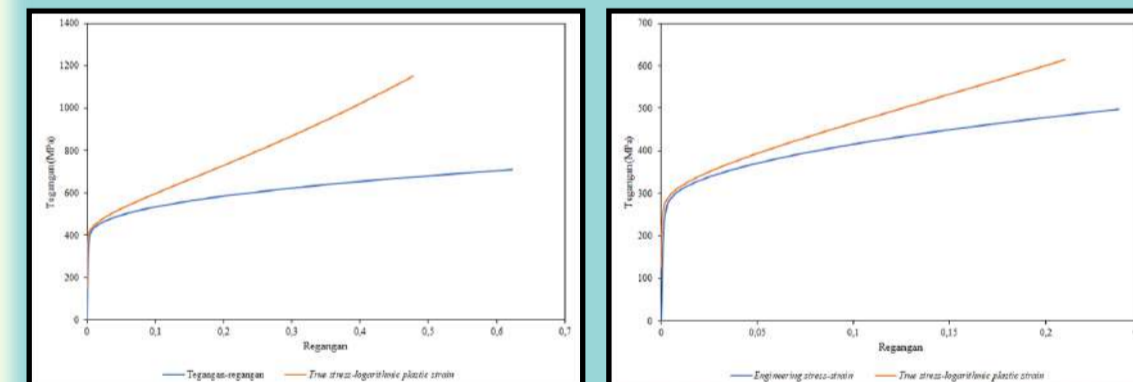


Gambar 2. Model Numerik dari Balok RHS Berlubang

### ANALISIS

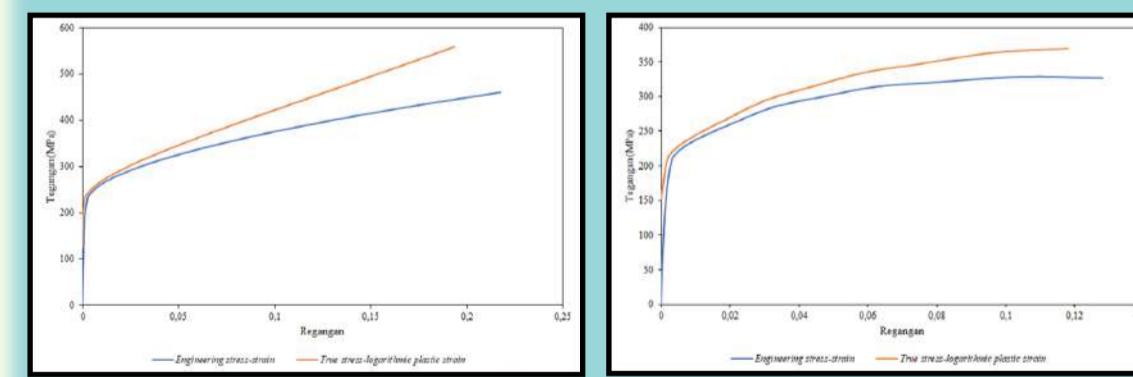
#### Properti Material Penampang Balok RHS

Penulis memerlukan data tegangan-regangan yang kemudian dikonversi menjadi data *true stress-logarithmic plastic strain* pada baja tahan karat *austenitic* dari beberapa temperatur untuk dimasukkan ke dalam program ABAQUS. Berikut properti material pada beberapa temperatur:



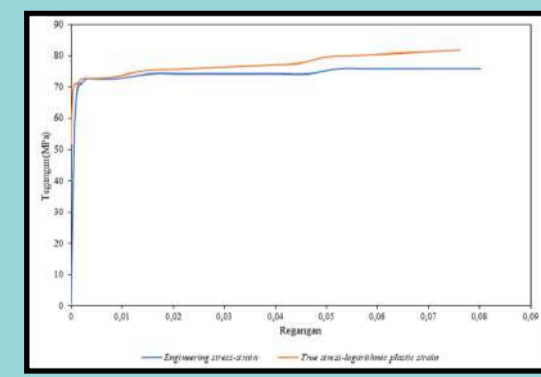
Gambar 3. Properti Material pada Temperatur 22 °C

Gambar 4. Properti Material pada Temperatur 320 °C



Gambar 5. Properti Material pada Temperatur 550 °C

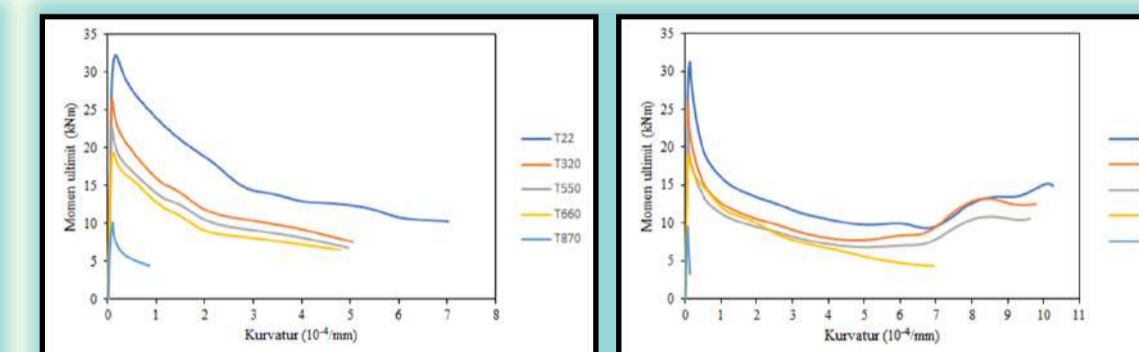
Gambar 6. Properti Material pada Temperatur 660 °C



Gambar 7. Properti Material pada Temperatur 870 °C

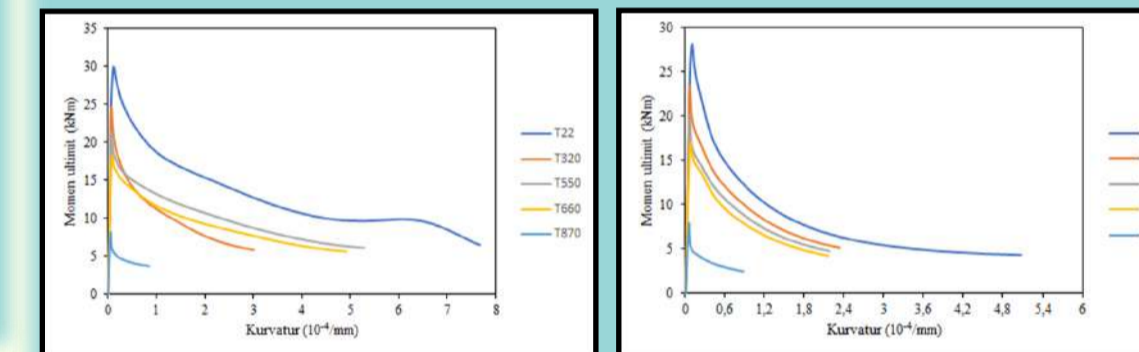
#### Momen Ultimit Penampang Balok RHS

Nilai kapasitas momen ultimit pada suatu penampang balok RHS baja tahan karat *austenitic* akan menghasilkan nilai kurvatur. Nilai kurvatur sendiri merupakan besarnya rotasi yang terjadi pada elemen struktur ketika menerima momen lentur. Berikut gambar-gambar hubungan nilai kapasitas momen ultimit dengan nilai kurvatur pada ukuran penampang A300x120x2:



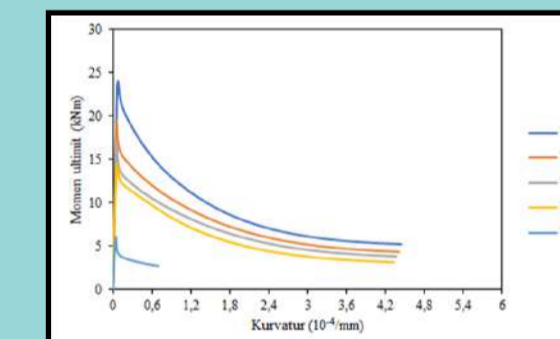
Gambar 8. Momen Ultimit Vs Kurvatur A300x120x2D0

Gambar 9. Momen Ultimit Vs Kurvatur A300x120x2D20



Gambar 10. Momen Ultimit Vs Kurvatur A300x120x2D50

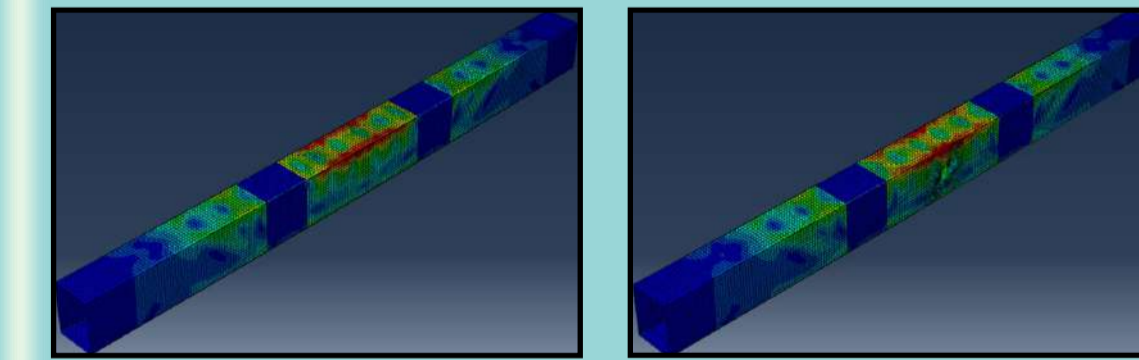
Gambar 11. Momen Ultimit Vs Kurvatur A300x120x2D70



Gambar 12. Momen Ultimit Vs Kurvatur A300x120x2D90

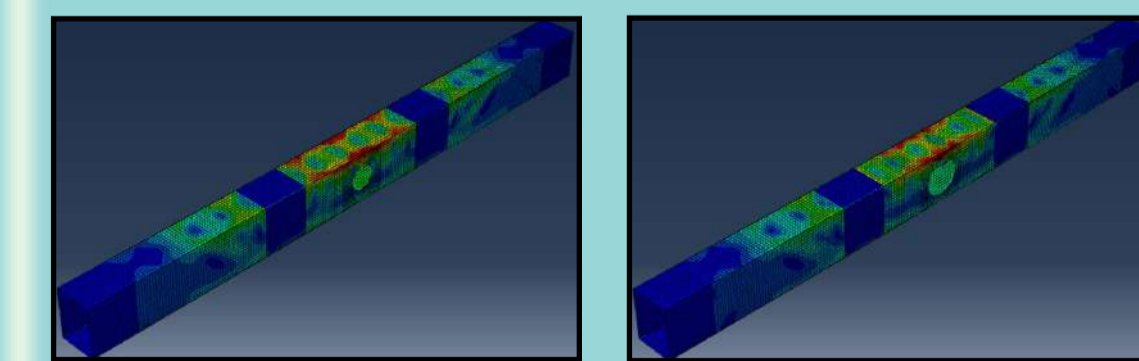
#### Failure Mode Penampang Balok RHS

*Failure Mode* yang terjadi pada penampang balok RHS baja tahan karat *austenitic*, didapat dari hasil *running* model pada program ABAQUS. Berikut adalah gambar-gambar *failure mode* yang terjadi pada ukuran penampang A380x286x2:



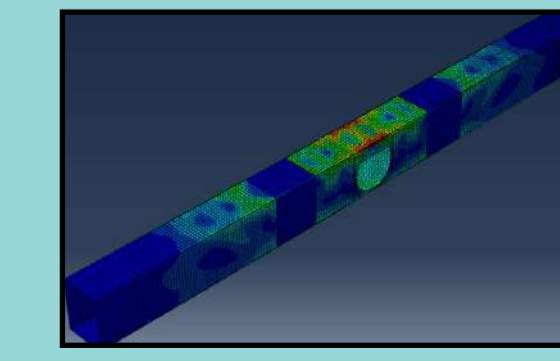
Gambar 13. *Failure Mode* A380x286x2D0T22

Gambar 14. *Failure Mode* A380x286x2D20T22



Gambar 15. *Failure Mode* A380x286x2D50T22

Gambar 16. *Failure Mode* A380x286x2D70T22



Gambar 17. *Failure Mode* A380x286x2D90T22

#### Evaluasi Desain

Evaluasi desain dilakukan terhadap 3 persamaan DSM yang diperoleh dari spesifikasi desain ASCE-8 (2021) ( $M_{ASCE}$ ), Chen et al. (2022) ( $M_{DSM}$ ) dan usulan modifikasi ( $M_{prop}$ ). Persamaan  $M_{prop}$  dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \lambda_i \leq 0,667$$

$$M_{d1} = (1,4 - \lambda_i) \times M_{net}$$

$$\text{Untuk } \lambda_i > 0,667$$

$$M_{d1} = \left[ 0,8 - 0,2 \left( \frac{M_{net}}{M_{gross}} \right)^{0,4} \right] \times \left( \frac{M_{net}}{M_{gross}} \right)^{0,4} \times M_{net}$$

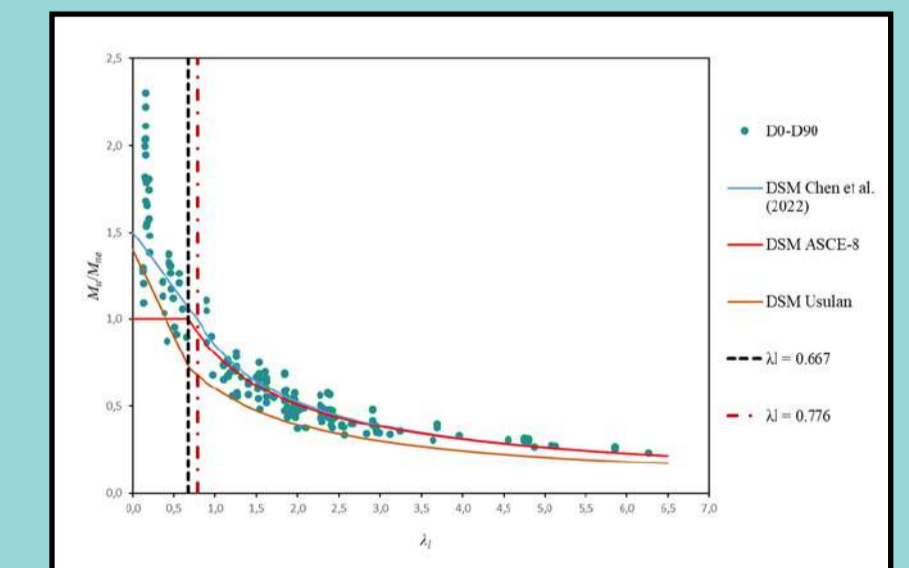
Gambar 18. Persamaan Modifikasi DSM

Hasil perhitungan dari nilai mean, COV,  $\beta_0$ , % ratio < 1 dan nilai rasio terkecil dengan 3 persamaan DSM adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Mean, COV,  $\beta_0$ , % ratio < 1 dan Nilai Rasio Terkecil dengan Metode DSM yang Berbeda

Keterangan	$\frac{M_{ASCE}}{M_{DSM}}$			$\frac{M_{ASCE}}{M_{prop}}$			$\frac{M_{DSM}}{M_{prop}}$		
	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	1,24	1,12	1,14	1,11	0,99	1,01	1,44	1,28	1,32
COV	0,249	0,252	0,254	0,146	0,150	0,157	0,117	0,127	0,134
$\phi$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95
$\beta_0$	2,73	2,46	2,51	3,03	2,61	2,66	3,97	3,49	3,54
% ratio < 1	15%	41,9%	36,5%	30%	59,4%	53,5%	0%	5%	4%
Nilai rasio terkecil	0,93	0,73	0,73	0,9	0,7	0,7	1,02	0,86	0,86

Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai mean yang paling rendah dari ketiga metode persamaan DSM adalah metode persamaan  $M_{DSM}$  dan  $M_{prop}$ . Kemudian, rumus persamaan yang paling aman adalah metode persamaan  $M_{prop}$ . Hal ini dikarenakan metode persamaan  $M_{prop}$  mempunyai nilai indeks keandalan yang paling jauh dari 2,5 dan nilai COV yang paling rendah, serta evaluasi kriteria berdasarkan metode *kruppa* juga memenuhi kriteria % ratio < 1 kurang dari 20% dan nilai rasio terkecil lebih dari 0,85 pada kategori D0, D20-D90 dan D0-D90. Data keseluruhan nilai  $M_u/M_{net}$  pada penampang balok RHS yang dihitung menggunakan 3 persamaan DSM ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 19. Data Hasil Analisis Program ABAQUS yang Ditampilkan dalam 3 Kurva DSM pada Penampang Balok RHS Tanpa Lubang dan Berlubang

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi temperatur yang digunakan selama simulasi, maka semakin besar penurunan kekuatan.
2. Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan tidak terjadinya penurunan kekuatan pada beberapa penampang dengan proporsi lubang sebesar 20% dari ukuran datar bagian badan yang disebabkan oleh redistribusi tegangan.
3. Persamaan metode DSM menurut ASCE-8 (2021) dan Chen et al. (2022) menghasilkan desain yang aman akan tetapi tidak *reliable* untuk kelas *austenitic* dengan ukuran lubang dari D0 sampai D90.
4. Persamaan metode DSM yang diusulkan dalam penelitian ini menghasilkan kualitas desain yang lebih *reliable* dibandingkan dengan ASCE-8 (2021) dan Chen et al. (2022).