

Analisis Nilai Tegangan Terhadap Variasi Cekungan pada Pelat Baja Menggunakan *Finite Element Method*

Yehezkiel Septian Yoganata*, Kartika Purwitasari, Kharisma Nur Cahyani, Anisah Nur Fajarwati

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Malang

*Koresponden email: yehezkielseptian@polinema.ac.id

Diterima: 26 Februari 2025

Disetujui: 4 Maret 2025

Abstract

The need for high-rise buildings is increasing as land is limited. Buildings made of steel materials are very good at resisting lateral forces. It is very necessary to analyze the mechanical properties of steel to know that the material can effectively resist the load. Modeling of steel plate material with width of 10 mm, thickness of 1 mm and height of 20 mm. Modeling was done using the Abaqus program with four variations of shell radius 0.01, 0.05, 0.1, and 0.2. Von Mises (tensile) stress results were obtained at the horizontal position of the basin at points A (radius point), B (center), and C (edge). For all modeling variations, the highest stress is at point A and then the stress value decreases to point B and then to point C. The most significant difference in value at each point is obtained for a radius variation of 0.2 with the value of each point A = 2.24059 MPa, B = 1.02566, and C = 0.64195. The steel plate variation with a radius of 0.2 has the largest deformation compared to the other variations. It can be concluded that the steel plate with a radius of 0.2 is more likely to be damaged. In the maximum principal stress value, the 0.2 radius variation also has the largest value compared to other variations.

Keywords: *steel plate, basin, stress, tensile stress, principal stress, finite element method*

Abstrak

Kebutuhan sarana berupa gedung bertingkat semakin meningkat, seiring terbatasnya lahan. Gedung dengan material baja sangat baik dalam menahan gaya lateral. Sifat mekanis baja sangat perlu dianalisis untuk mengetahui bahwa material tersebut dapat menahan beban secara efektif. Dilakukan pemodelan terhadap material pelat baja dengan ukuran lebar 10 mm, tebal 1 mm, dan tinggi 20 mm. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan program bantu Abaqus dengan empat variasi radius cekungan 0.01, 0.05, 0.1, dan 0.2 terhadap lebar pelat. Diperoleh hasil tegangan von mises (tarik) pada posisi horisontal terhadap cekungan di titik A (titik radius), B (tengah bentang), dan C (pinggir bentang). Untuk semua variasi pemodelan, tegangan tertinggi berada pada titik A selanjutnya nilai tegangan menurun ke titik B lalu titik C. Perbedaan nilai paling signifikan pada setiap titik didapatkan pada hasil analisis variasi radius 0.2 dengan nilai masing-masing titik A=2,24059 MPa, B=1,02566, dan C=0,64195. Variasi pelat baja dengan radius 0.2 mengalami deformasi paling besar dibandingkan dengan variasi yang lain. Dapat disimpulkan bahwa pelat baja variasi radius 0.2 akan semakin rawan terjadi kerusakan. Pada nilai tegangan utama (*Maximum Principal*) variasi radius 0.2 juga memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan variasi yang lain.

Kata Kunci: *pelat baja, cekungan, tegangan, tegangan tarik, tegangan utama, metode elemen hingga*

1. Pendahuluan

Kebutuhan sarana berupa gedung semakin meningkat seiring berkembangnya teknologi yang sangat cepat. Gedung bertingkat banyak menjadi alternatif yang saat ini digunakan mengingat keterbatasan lahan yang dapat dimanfaatkan. Jika dilihat dari material yang digunakan, gedung-gedung yang ada di Indonesia didominasi oleh material beton. Material baja yang sangat baik dalam menahan gaya lateral masih jarang digunakan, sehingga perlu adanya studi mengenai material baja yang mendukung keberlanjutan pembangunan gedung di Indonesia.

Struktur bangunan baja dibentuk dari susunan batang baja dan tersambung dengan sistem sambungan yang direncanakan dengan baik sehingga konstruksi tersebut kuat dan kokoh. Penyambungan dapat dilakukan menggunakan pelat dengan ketebalan tertentu. Pelat baja berbentuk lembaran baja dengan tebal yang cukup kecil jika dibandingkan dengan ukuran panjang dan lebarnya. Pelat baja setelah dirol memiliki sifat yang mudah dilas dan dibentuk.[1] Kekuatan suatu bahan adalah sifat mekanik material, terutama dipengaruhi oleh elemen karbon dan paduannya. Sifat mekanis baja sangat perlu dianalisis untuk mengetahui bahwa material tersebut dapat menahan beban secara efektif.[2] Analisis juga dapat dilakukan menggunakan aplikasi seperti

Idea Statica, contohnya seperti menganalisis sambungan balok-kolom. Metode seperti ini dapat diadaptasi untuk menganalisis tegangan pada pelat baja dengan metode elemen hingga.[3]

Baja memiliki perilaku yang baik di dalam pengendalian struktur, oleh karena itu diharapkan semua elemen dalam konstruksi baja dapat dilaksanakan dengan baik sesuai dengan desain.[4] Umumnya, baja ialah elemen yang paling dominan menahan gaya tarik. Gaya tarik pada baja akan terjadi secara terus menerus hingga hancur sampai batas kekuatan dalam menerima beban. Kehancuran/kegagalan pada baja dapat terjadi baik pada profil/pelat atau komponen penyambungannya tergantung mutu dan dimensi yang dipakai.[5]

Pelat baja ialah salah satu material komposit yang tersusun dari dua atau lebih material dimana material tersebut mempunyai sifat fisik yang berbeda. Material pelat baja berfungsi sebagai penguat dalam suatu elemen. Pada umumnya perkuatan pada konstruksi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menerima beban sesuai rencana. Hal ini dilakukan untuk mereduksi risiko kerusakan/kegagalan yang mungkin akan terjadi. [6]

Analisis pelat baja dapat dilakukan menggunakan aplikasi struktur Abaqus berbasis FEM (*Finite Element Method*) atau biasa disebut Metode Elemen Hingga. Metode elemen hingga ialah metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah teknik secara matematis seperti persamaan diferensial dan integral berbasis pendekatan. Jika menggunakan metode elemen hingga maka akan dimungkinkan untuk mengubah suatu masalah yang rumit dengan menentukan jumlah derajat kebebasan tertentu supaya pemecahannya menjadi lebih sederhana. FEM membagi masalah-masalah yang rumit atau kompleks ke dalam elemen-elemen kecil dan dapat diselesaikan dengan hubungan sesamanya. Fungsi pendekatan ditentukan dari bentuk nilai titik/nodal dari medan fisis.[7] Perilaku tegangan pelat baja perlu untuk diketahui perilaku numeriknya, supaya dapat dihasilkan analisis menyeluruh dari sifat material baja itu sendiri.

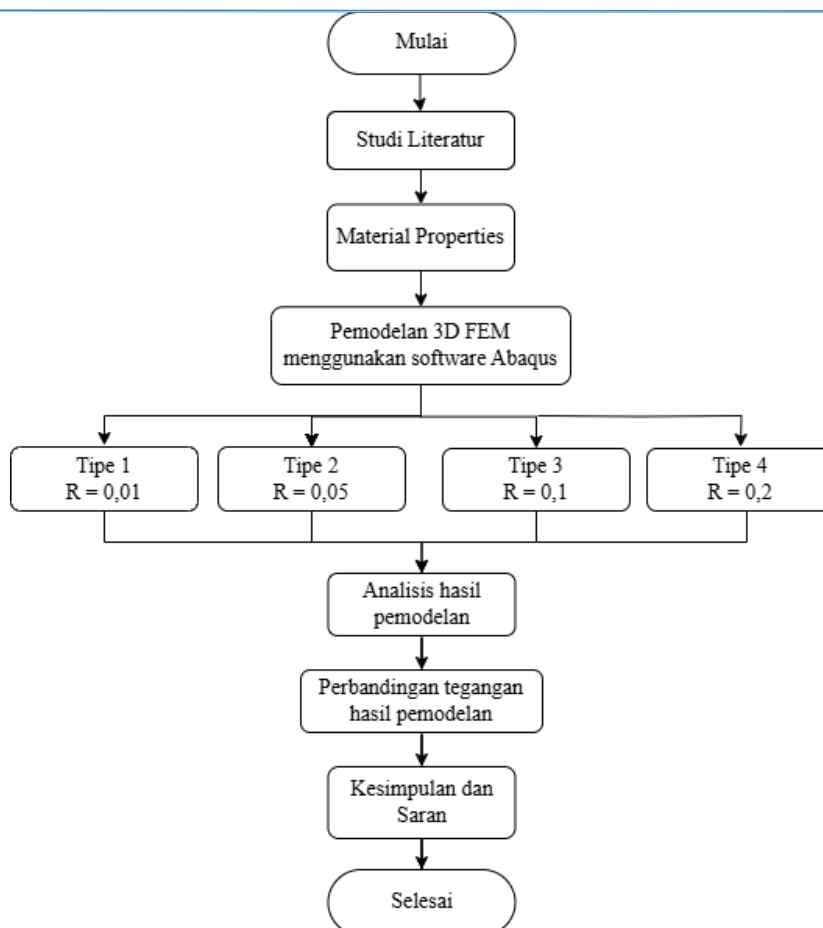
Analisis tegangan yang didapatkan dari *software* Abaqus ialah tegangan Von Mises dan Principal Stress. Tegangan Von Mises (atau sering disebut sebagai *tensile stress*) dalam konteks simulasi menggunakan *software* Abaqus adalah kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana material yang dianalisis mengalami perubahan bentuk atau kerusakan. Tegangan Von Mises merupakan nilai kritis yang sering dipakai untuk memprediksi kondisi kegagalan pada material yang mengalami deformasi plastis. Secara matematis, tegangan Von Mises dihitung berdasarkan tegangan-tegangan utama dalam material. Tegangan Von Mises ini digunakan untuk mendeteksi dan mengukur potensi kegagalan material yang memiliki karakteristik plastisitas, terutama dalam analisis struktural pada Abaqus. Abaqus akan menunjukkan tegangan Von Mises pada elemen-elemen model dan membandingkan nilai tersebut dengan tegangan material yang sudah ditentukan batasnya (seperti batas alir atau yield stress). Jika nilai tegangan Von Mises melebihi nilai batas tersebut, maka material dianggap mengalami kegagalan atau plastisitas.

Tegangan principal maksimum (max principal stress) dalam analisis elemen hingga menggunakan Abaqus mengacu pada nilai tegangan utama terbesar yang dialami oleh suatu elemen atau titik dalam struktur selama simulasi. Tegangan utama ini dihitung berdasarkan komponen-komponen tegangan normal dan geser dalam elemen tersebut. Tegangan utama adalah tegangan yang dialami sepanjang arah tertentu, di mana tidak ada komponen geser.[8]

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir berikut ini merupakan tahapan penelitian dari awal hingga selesai.



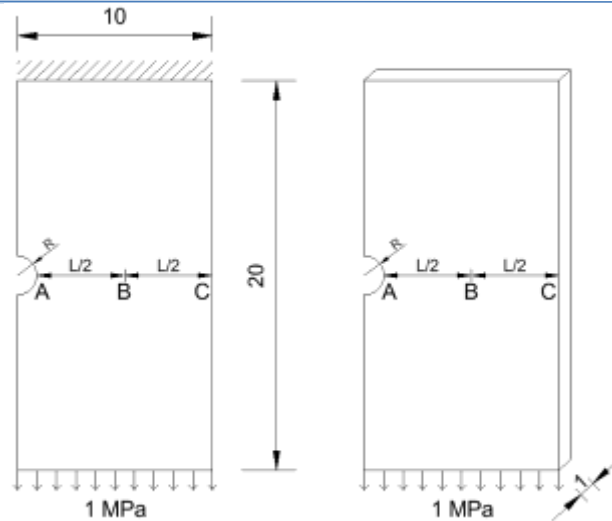
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Material

- Material bahan adalah baja dengan ketebalan 1 mm, lebar pelat 10 mm, dan panjang 20 mm.
- Ukuran R (radius) yang dinyatakan sebagai perbandingan terhadap lebar pelat adalah:
 - R = 0.01
 - R = 0.05
 - R = 0.1
 - R = 0.2

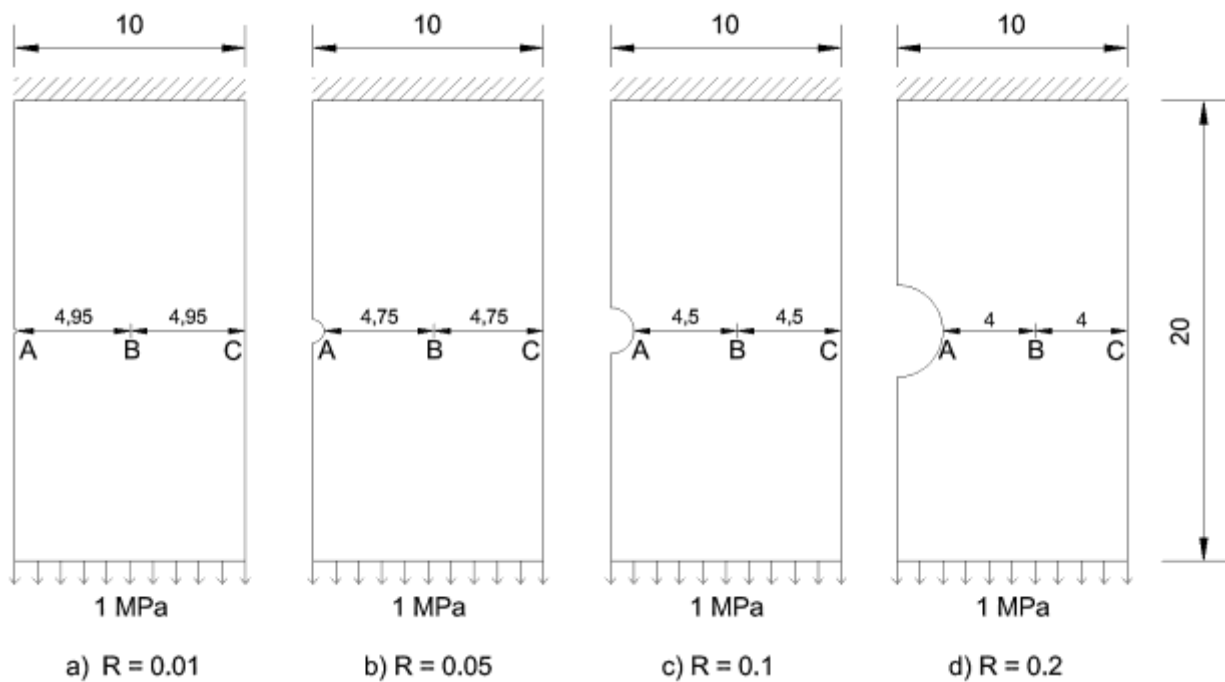
Tabel 1. Nilai Variasi Radius

No.	Variasi Radius	Nilai Radius (mm)
1.	0.01	0.1
2.	0.05	0.5
3.	0.1	1
4.	0.2	2



Gambar 2. Konfigurasi Pemodelan

Bahan atau material yang digunakan pada penelitian ini ialah pelat baja. Terdapat empat (4) variasi nilai cekungan yang akan dimodelkan (**Gambar 3**). Analisis nilai tegangan dilakukan pada tiga (3) posisi horisontal yaitu titik A, B, dan C. Sesuai titik-titik tersebut, diharapkan diperoleh nilai tegangan akibat pengaruh dari besaran cekungan.



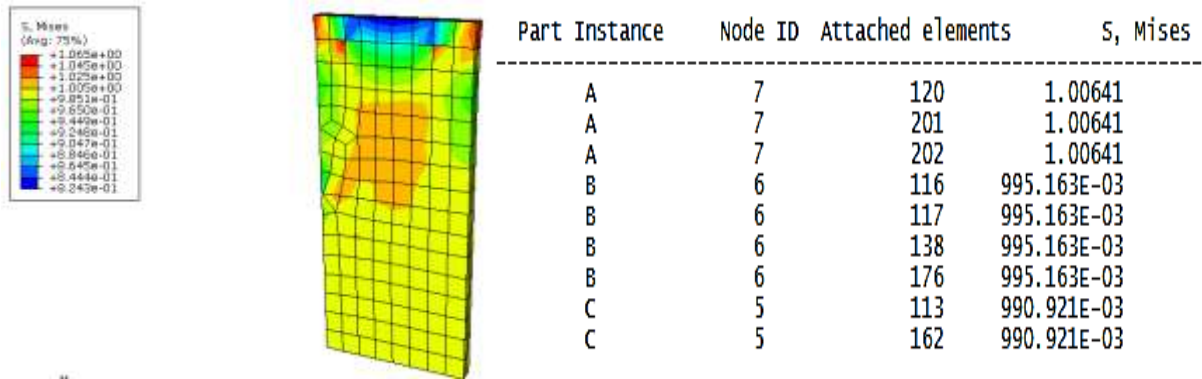
Gambar 3. Detail Konfigurasi Pemodelan Variasi Radius

Variasi cekungan yang digunakan masing-masing ialah 0.01, 0.05, 0.1, dan 0.2 mm. Mutu baja yang digunakan BJ37 dengan $f_y = 240$ MPa, $f_u = 370$ MPa, $E = 200000$ MPa, dan $\nu = 0,3$. Beban yang diterapkan ialah beban merata sebesar 1 MPa. Tumpuan menggunakan jepit.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis pelat baja menggunakan program bantu Abaqus 2016 dengan mesh digunakan ukuran 1,2.

a. Radius 0.01



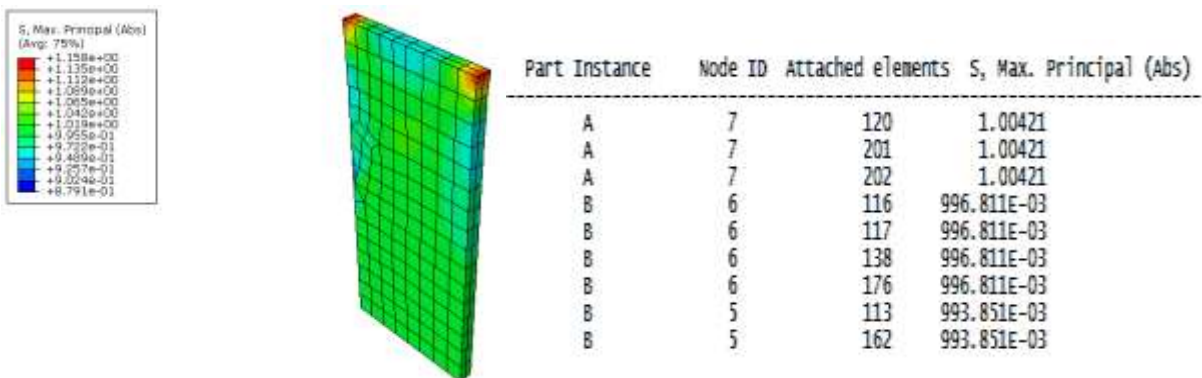
Gambar 4. Tegangan Von Mises Radius 0.01

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi pada model R=0.01 tidak terlalu signifikan. Kondisi paling ekstrem berada pada ujung tumpuan kiri dan kanan ditunjukkan dengan warna merah. Nilai tegangan Von Mises (*tensile stress*) ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 2. Rekapitulasi Tegangan Von Mises Pada Analisis R=0.01

Titik	Jarak sb. X	Tegangan von Mises (Mpa)
A	0,1	1,00641
B	5,05	0,99516
C	10	0,99092

Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan tarik (*tensile stress*) pada model R=0.01. Tegangan tarik paling besar terjadi di titik A sebesar 1,00641 MPa.



Gambar 5. Tegangan Principal (max) Radius 0.01

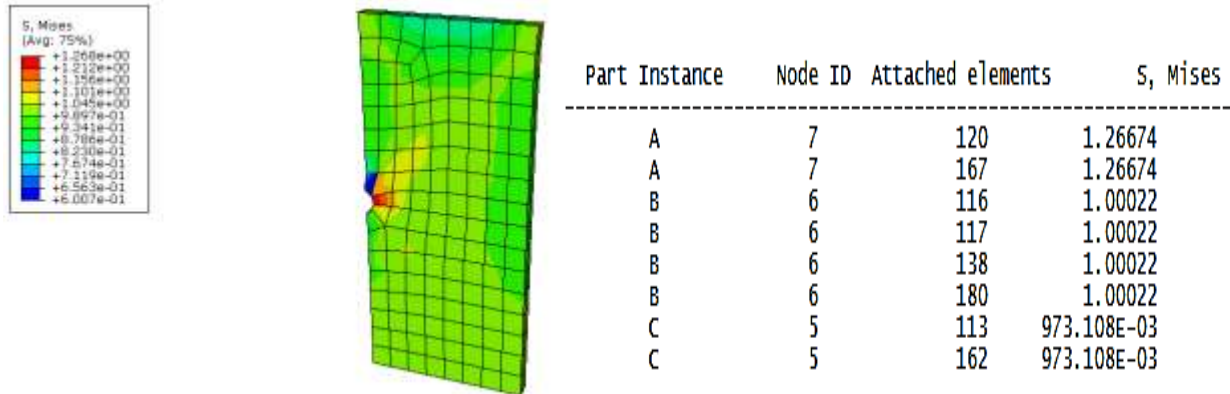
Pada Gambar 5 dapat dilihat pola tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.01. Kondisi paling ekstrem berada pada ujung tumpuan kiri dan kanan ditunjukkan dengan warna merah. Nilai tegangan maksimum ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B & C.

Tabel 3. Rekapitulasi Tegangan Principal (Max) Pada Analisis R=0.01

Titik	Jarak sb. X	Tegangan Principal (max) (Mpa)
A	0,1	1,00421
B	5,05	0,99681
C	10	0,99385

Tabel 3 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.01. Tegangan paling besar terjadi di titik A sebesar 1,00421 MPa.

b. Radius 0.05



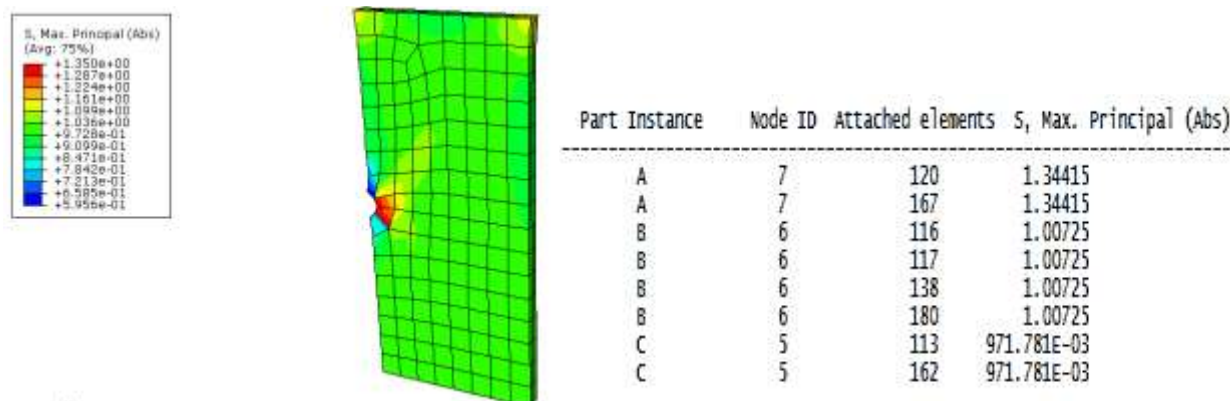
Gambar 6. Tegangan Von Mises Radius 0.05

Pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi pada model R=0.05 tidak terlalu signifikan. Kondisi paling ekstrem berada pada area cekungan di titik A ditunjukkan dengan warna merah. Terjadi sedikit deformasi pada area cekungan. Nilai tegangan Von Mises (*tensile stress*) ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 4. Rekapitulasi Tegangan Von Mises Pada Analisis R=0.05

Titik	Jarak sb. X	Tegangan von Mises (Mpa)
A	0,5	1,26674
B	5,25	1,00022
C	10	0,97311

Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan tarik (*tensile stress*) pada model R=0.01. Tegangan tarik paling besar terjadi di titik A sebesar 1,26674 MPa.



Gambar 7. Tegangan Principal (max) Radius 0.05

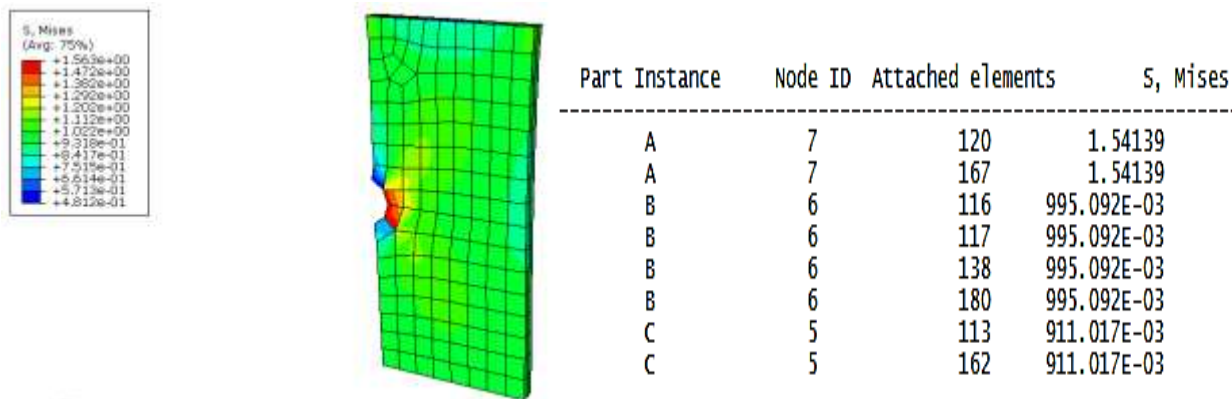
Pada **Gambar 7** dapat dilihat pola tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.05. Pada ujung kiri dan kanan tumpuan, terjadi kenaikan nilai tegangan ditunjukkan dengan warna kuning. Kondisi paling ekstrem berada pada area cekungan di titik A ditunjukkan dengan warna merah. Nilai tegangan maksimum ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 5. Rekapitulasi Tegangan Principal (Max) Pada Analisis R=0.05

Titik	Jarak sb. X	Tegangan Principal (max) (Mpa)
A	0,5	1,34415
B	5,25	1,00725
C	10	0,97178

Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.05. Tegangan paling besar terjadi di titik A sebesar 1,00421 MPa.

c. Radius 0.1



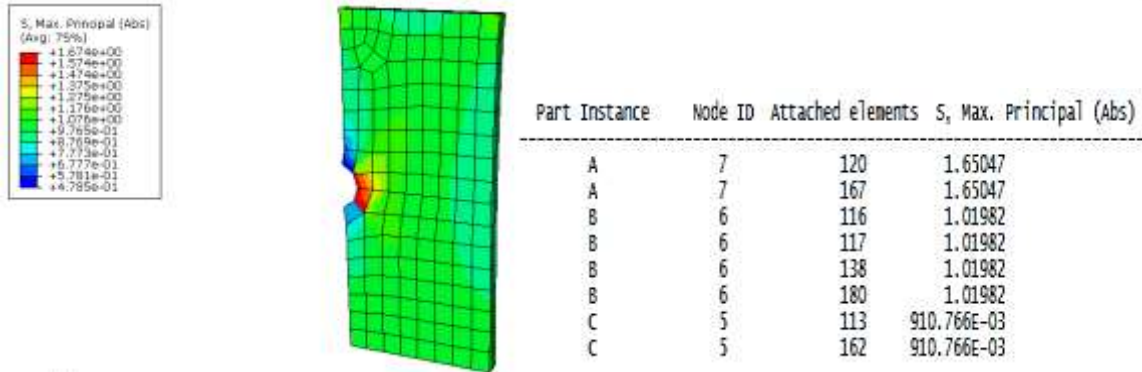
Gambar 8. Tegangan Von Mises Radius 0.1

Pada **Gambar 8** dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi pada model R=0.1 tidak terlalu signifikan. Kondisi paling ekstrem berada pada area cekungan ditunjukkan dengan warna merah. Nilai tegangan Von Mises (*tensile stress*) ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 6. Rekapitulasi Tegangan Von Mises Pada Analisis R=0.1

Titik	Jarak sb. X	Tegangan von Mises (Mpa)
A	1	1,54139
B	5,5	0,99509
C	10	0,99102

Tabel 6 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan tarik (*tensile stress*) pada model R=0.1. Tegangan tarik paling besar terjadi di titik A sebesar 1,54139 MPa.



Gambar 9. Tegangan Principal (max) Radius 0.1

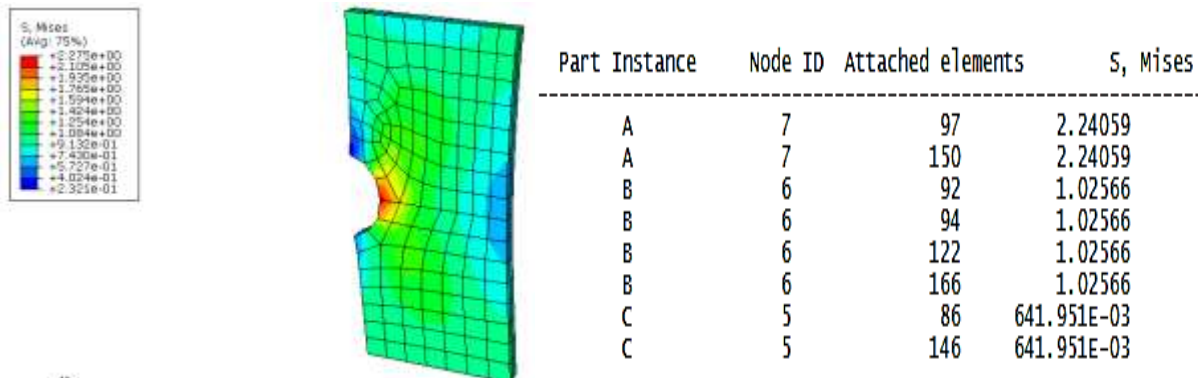
Pada Gambar 9 dapat dilihat pola tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.1. Terjadi deformasi dan kondisi paling ekstrem berada pada area cekungan di titik A ditunjukkan dengan warna merah. Nilai tegangan maksimum ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 7. Rekapitulasi Tegangan Principal (Max) Pada Analisis R=0.1

Titik	Jarak sb. X	Tegangan Principal (max) (Mpa)
A	1	1,65047
B	5,5	1,01982
C	10	0,91077

Tabel 7 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.1. Tegangan paling besar terjadi di titik A sebesar 1,65047 MPa.

d. Radius 0.2



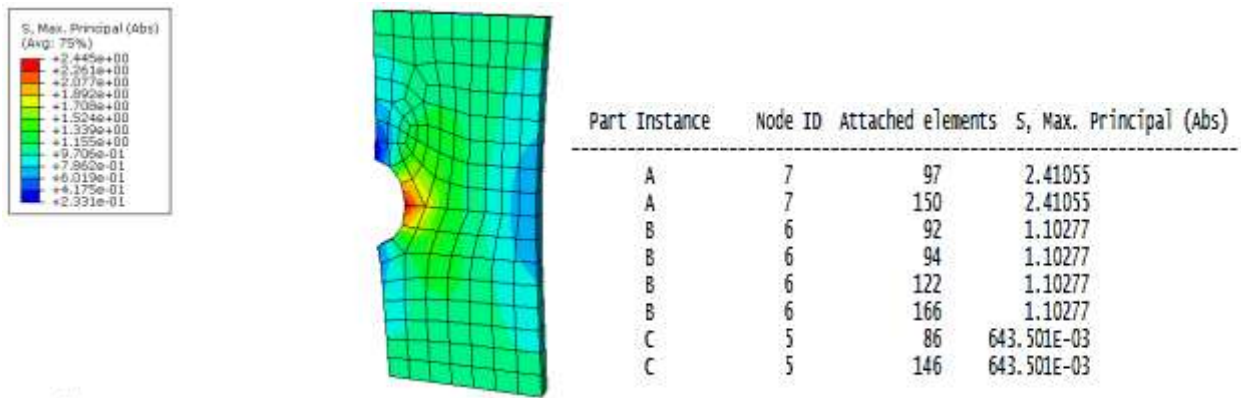
Gambar 10. Tegangan Von Mises Radius 0.2

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi pada model R=0.2 cukup signifikan. Kondisi paling ekstrem berada pada area cekungan di titik A ditunjukkan dengan warna merah dan secara umum pelat tersebut mengalami tekukan. Nilai tegangan Von Mises (*tensile stress*) ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 8. Rekapitulasi Tegangan Von Mises Pada Analisis R=0.2

Titik	Jarak sb. X	Tegangan von Mises (Mpa)
A	2	2,24059
B	6	1,02566
C	10	0,64195

Tabel 8 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan tarik (*tensile stress*) pada model R=0.01. Tegangan tarik paling besar terjadi di titik A sebesar 2,24059 MPa.



Gambar 11. Tegangan Principal (max) Radius 0.2

Pada Gambar 11 dapat dilihat pola tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.2. Kondisi paling ekstrem berada pada area cekungan di titik A ditunjukkan dengan warna merah dan pelat baja mengalami tekukan yang cukup signifikan. Nilai tegangan maksimum ditunjukkan pula pada output software Abaqus pada masing-masing titik A, B, dan C.

Tabel 9. Rekapitulasi Tegangan Principal (Max) Pada Analisis R=0.2

Titik	Jarak sb. X	Tegangan Principal (max) (Mpa)
A	2	2,41055
B	6	1,10277
C	10	0,64350

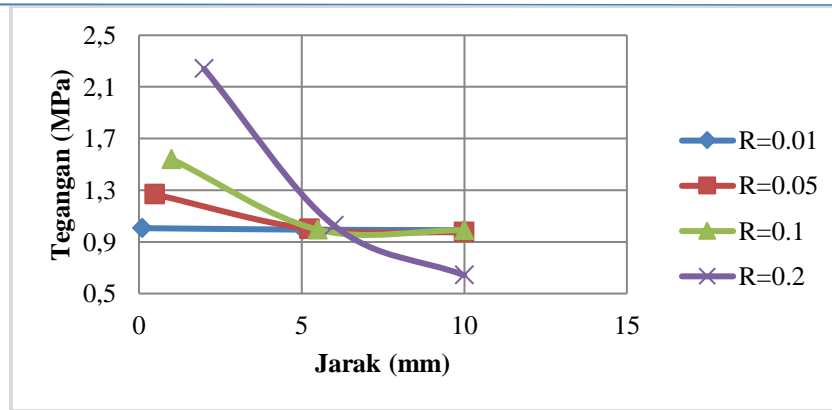
Tabel 9 menunjukkan rekapitulasi nilai tegangan utama terbesar (*maximum principal*) pada model R=0.2. Tegangan paling besar terjadi di titik A sebesar 2,41055 MPa.

e. Perbandingan Hasil

Pemodelan yang telah dilakukan selanjutnya dilakukan analisis perbandingan hasil. Perbandingan hasil bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai tegangan di setiap titik pada empat (4) variasi pemodelan. Hasil analisis perbandingan tersebut ditunjukkan pada gambar grafik dan tabel diantaranya Tabel 10, Tabel 11, Gambar 12, dan Gambar 13.

Tabel 10. Rekapitulasi Tegangan Von Mises

Titik	Radius							
	R=0.01		R=0.05		R=0.1		R=0.2	
	Jarak	Teg.	Jarak	Teg.	Jarak	Teg.	Jarak	Teg.
A	0,1	1,00641	0,5	1,26674	1	1,54139	2	2,24059
B	5,05	0,99516	5,25	1,00022	5,5	0,99509	6	1,02566
C	10	0,99092	10	0,97311	10	0,99102	10	0,64195

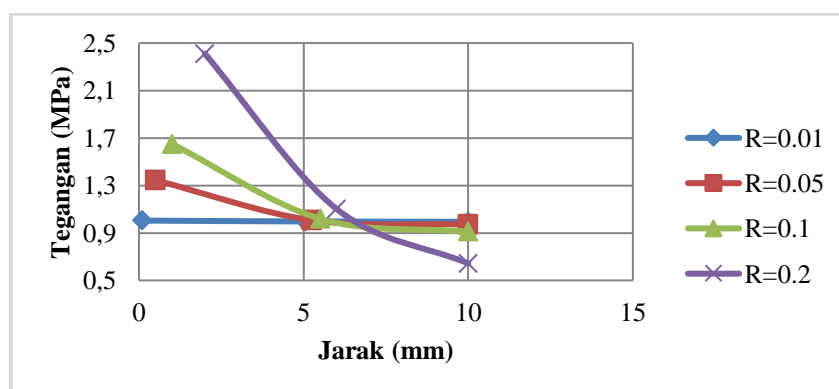


Gambar 12. Grafik Perbandingan Tegangan Von Mises

Keseluruhan hasil pemodelan dan analisis terhadap empat (4) variasi radius cekungan ditampilkan dalam bentuk grafik (**Gambar 12**). Dapat dilihat bahwa nilai tegangan menunjukkan perbedaan pada setiap titik (A, B, C) berlaku pada semua radius. Secara keseluruhan nilai tegangan menunjukkan penurunan dimulai dari titik A ke titik B lalu ke titik C. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tegangan paling tinggi berada pada titik radius (A), diikuti pada tengah bentang (B), selanjutnya pinggir bentang (C). Perbedaan nilai yang paling signifikan antara titik A, B, dan C terdapat pada hasil analisis dengan menggunakan radius sebesar 0,2. Sedangkan pada radius 0,01 nilai tegangan antara titik A, B, dan C memiliki selisih yang paling kecil. Pada hasil analisis menggunakan radius 0,2, nilai tegangan pada titik A jauh lebih besar daripada nilai tegangan pada radius 0,01, 0,05, dan 0,1. Sedangkan nilai tegangan pada titik C jauh lebih kecil daripada nilai tegangan pada radius 0,01, 0,05, dan 0,1. Artinya bahwa pada pelat dengan radius cekungan 0,2 akan mengalami deformasi yang paling besar. Deformasi ini menunjukkan pola kerusakan yang mungkin terjadi pada pelat tersebut.

Tabel 11. Rekapitulasi Tegangan Principal (Max)

Titik	Radius							
	R=0.01		R=0.05		R=0.1		R=0.2	
	Jarak	Teg.	Jarak	Teg.	Jarak	Teg.	Jarak	Teg.
A	0,1	1,00421	0,5	1,34415	1	1,65047	2	2,41055
B	5,05	0,99681	5,25	1,00725	5,5	1,01982	6	1,10277
C	10	0,99385	10	0,97178	10	0,91077	10	0,6435



Gambar 13. Grafik Perbandingan Tegangan Principal (Max)

Secara keseluruhan nilai tegangan utama (*principal max*) mempunyai pola yang sama dengan nilai tegangan tarik. Tegangan utama adalah tegangan yang dialami sepanjang arah horisontal (A, B, C), di mana tidak ada komponen geser. Pada Gambar 13 ditunjukkan bahwa tegangan utama di titik A paling besar ialah model R=0,2, namun juga diperoleh nilai tegangan paling kecil di titik C pada model tersebut. Hal ini berarti besaran radius sangat mempengaruhi nilai tegangan yang terjadi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius cekungan makan akan semakin besar pula nilai tegangan di titik area radius yaitu ditunjukkan dengan nilai tegangan setiap model di titik A. Secara berurutan nilai tegangan terbesar di titik A dimulai dari model dengan radius 0.2, 0.1, 0.05, dan yang terkecil pada radius 0.01. Berlaku sebaliknya untuk nilai tegangan di titik C (titik ujung), semakin besar radius cekungan maka nilai tegangan akan semakin kecil. Secara berurutan nilai tegangan terbesar di titik C dimulai dari model dengan radius 0.01, 0.05, 0.1, lalu yang paling kecil pada radius 0.2. Jika dilihat dari hasil analisis yang ada, nilai radius akan sangat mempengaruhi perilaku dari pelat baja. Hal ini dapat dijadikan untuk penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh lubang pada pelat baja, khususnya jika digunakan pada sambungan baut.

5. Daftar Pustaka

- [1] J. Suryono, A. Putrawirawan, and R. R. Allo. 2023. "Studi Eksperimental Dan Analitis Kekuatan Tarik Pada Sambungan Pelat Baja." *Jurnal Inersia*, vol. 14, no. 1, pp. 33–42,, doi: <https://doi.org/10.46964/inersia.v14i1.372>
- [2] I. K. Rimpung and I. G. O. Pujihadi. 2017. "Analisis Perubahan Kekuatan Tarik Baja (ST. 42) Dengan Perlakuan Panas 800°C," *Jurnal Logic*, vol. 17, no. 2, pp. 1–5,
- [3] Wahiddin, et.al. 2023. "Implementasi Building Information Modelling (Bim) Pada Desain Sambungan Balok-Kolom Struktur Baja," *Jurnal Online Skripsi*, vol. 4, pp. 350–354, [Online]. Available: <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/4534>
- [4] Yoganata, Y. S. 2023. "Analisis Pengaruh Penggunaan Bresing Pada Struktur Bangunan Baja 20 Lantai," *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema*, vol. 4, pp. 366–371, [Online]. Available: <http://jurnal.polinema.ac.id/>
- [5] M. Silviana. 2017. "Studi Kekuatan Sambungan Batang Tarik Pelat Baja Dengan Alat Sambung Baut," *Jurnal Inotera*, vol. 2, no. 2, doi: <https://doi.org/10.31572/inotera.Vol2.Iss2.2017.ID31>
- [6] H. H. Wisi and E. Juliafad. 2023. "Desain Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Pelat Baja Dengan Variasi Jarak Pelat Baja," *Applied Science In Civil Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 32–39, doi: 10.24036/asce.v4i1.59383
- [7] P. B. Kosasih. 2012. "Teori dan Aplikasi Metode Elemen Hingga," pp. 1–278.
- [8] Yoganata, Y.S. 2020. Analysis Study of Extended End Plate Connection Due to Cyclic Load Using Finite Element Method. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 930, 012050.
- [9] Cahyani, K.N. 2023. Analisis Perilaku Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak Ditinjau Berdasarkan Degradasi Kekakuan. PROKONS: Jurnal Teknik Sipil 10-14.
- [10] Chintya, dkk. 2023. Pemodelan Perpindahan Panas Pada Pelat Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga Dengan Diskritisasi Segitiga. Buletin Ilmiah Math. Stat dan Terapannya (Bimaster) Vol. 12, No.5 467-476.
- [11] Viratama, dkk. 2022. Penggunaan Plat Baja Sebagai Efisiensi Bekisting Lengkung Pilar Bangunan Intake Bendungan. *Jurnal Profesi Insinyur (JPI)* Vol. 3 No 1. Doi: <https://doi.org/10.23960/jpi.v3n1.72>
- [12] Hardianti, dkk. 2018. Studi Eksperimental Batang Tarik Sambungan Baut pada Plat Baja. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil* Vol. 4 No. 4 pp. 118-129. Doi: <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v4i4.118>
- [13] Anonim,"Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural," SNI 1729:2020.
- [14] Benita,et.al. 2019. Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Baja SRBKK Tipe Inverted-V pada Gedung Bertingkat 12, 16, dan 20 Lantai. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil* Vol. 5 No. 4 pp. 65-74. Doi: <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i4.65>