

Analisis Pengaruh Jarak Antar Lubang dan Tebal Plat terhadap Konsentrasi Tegangan pada Plat Beban Tarik Menggunakan Simulasi Statika Struktural

Muhamad Refi Andriawan¹, Oleh²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

e-mail: muhamadrefiandriawan@gmail.com

Abstrak

Plat berlubang banyak digunakan sebagai penyambungan tidak tetap pada berbagai konstruksi mesin. Tegangan maksimum yang dialami oleh plat berlubang akan terpusat pada bagian-bagian yang mempunyai perubahan geometri yang paling kritis. Sehingga akan menimbulkan deformasi yang berakibat kegagalan pada plat sebagai penyambung. Hasil analisis menggunakan Aplikasi Static Structural dari Ansys 14.5, tegangan yang paling besar terjadi sepanjang jarak antar lubang maupun dengan tepi plat. Penurunan konsentrasi tegangan $K_c = 0.54$ juga terjadi pada jarak antar lubang $0.25D$ dengan ketebalan 2 mm. Pengaruh dominan yang dialami oleh plat berlubang 2 x 2 susunan inline adalah pada jarak antar lubang maupun tepi. Sedangkan untuk ketebalan plat sangat kecil sekali.

Kata kunci: Plat berlubang, Konsentrasi Tegangan Dan Tegangan Tarik.

Abstract

Perforated plates are widely used as non-fixed splicing in various machine constructions. The maximum stress experienced by the perforated plate will be concentrated on the parts that have the most critical geometric changes. So that it will cause deformation which results in failure of the plate as a connector. The results of the analysis using the Static Structural Application from Ansys 14.5, the greatest stress occurs along the distance between the holes and with the edge of the plate. The decrease in stress concentration $K_c = 0.54$ also occurs at a distance between holes of $0.25D$ with a thickness of 2mm. The dominant influence experienced by 2 x 2 inline arrangement perforated plates is on the distance between holes and edges. As for the thickness of the plate, it is very small.

Keywords : *Perforated Plate, Stress concentration and Tensile stress.*

PENDAHULUAN

Struktur rangka sebuah bangunan atau jembatan umumnya menggunakan sambungan-sambungan. Sambungan yang digunakan biasanya menggunakan baut atau rivet sedangkan kampuh atau penyambungannya menggunakan plat berlubang. Penyambungan ini memerlukan plat berlubang yang memenuhi syarat-syarat terhadap kegagalan terhadap beban aksial maupun beban radial. Sehingga elemen penyambung memiliki kemampuan yang dapat kita tentukan.

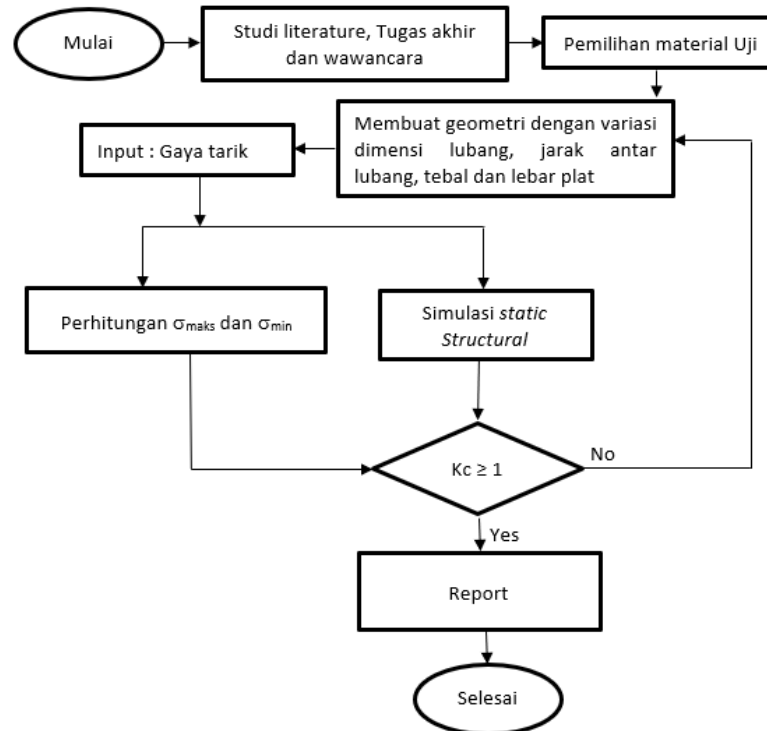
Kegagalan plat penyambung yang dialami pada sambungan yang menggunakan baut atau rivet terjadi karena adanya perubahan dimensi pada bagian tersebut. Kegagalan terjadi karena adanya tegangan lokal akibat beban aksial pada daerah kritis yang melebihi tegangan nominal dari material yang digunakan. Pemilihan diameter lubang dan jarak yang digunakan dalam penyambungan menentukan kegagalan yang akan terjadi pada beberapa sambungan.

Untuk mengetahui pengaruh jarak antar lubang dan tebal plat terhadap kegagalan tersebut diperlukan analisis yang komprehensif dengan melakukan eksperimen. Penelitian

dengan melakukan eksperimen dibutuhkan biaya yang cukup besar dan sangat mahal dan waktu yang sangat lama. Dengan menggunakan simulasi yang dilakukan oleh komputer menggunakan metoda elemen hingga dari Ansys 14.5 pada sub *structural static* menjadi salah satu pilihan yang tepat.

METODE

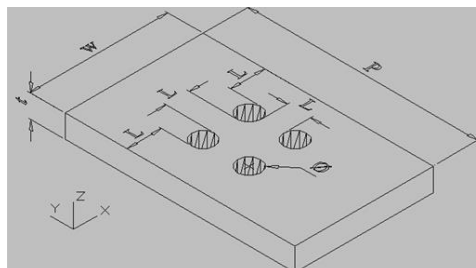
Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode analisis menggunakan software Ansys 14.5. Untuk memulai penelitian ini dilakukan beberapa tahapan seperti ditunjukkan pada diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Data Eksperimen Geometri Sambungan Plat Berlubang

Geometri sambungan plat berlubang (kampuh) yang digunakan adalah sebuah plat dengan 4 buah lubang yang disusun *inline* dengan jumlah baris dan kolom 2 x 2



Gambar 2 Posisi lubang pada plat

Dimana :

P = panjang plat, mm

L = Jarak lubang dengan tepi/lubang, mm

\varnothing = diameter lubang, mm
 W = lebar plat, mm
 t = tebal plat, mm

Lingkup penelitian adalah kombinasi dari variable L, t dan F seperti dalam table berikut :

Tabel 1 Variabel bebas uji tarik plat berlubang

Kode	Variabel	1	2	3
L	Jarak antar tepi (mm)	2,5	5	7,5
T	Tebal plat (mm)	2	5	8
F	Gaya Tarik (N)	5000	x	x

Metode penelitian yang dipilih adalah metode eksperimen, kombinasi tiga *variable* bebas dan tiga *level* penelitian, seperti yang terlihat pada tabel 1.1. dibutuhkan perhitungan dengan data (*trial*) yang cukup banyak dalam menentukan nilai maksimum dan minimum dari sistem yang dibuat. Dengan menggunakan *full factorial methode*, maka dibutuhkan 24 kali percobaan/desain seperti terlihat dalam tabel 1.2. berikut:

Tabel 2 Lingkup penelitian

No uji	L (mm)	t (mm)	F (N)
1	2,5	2	5000
2	5	2	5000
3	7,5	2	5000
4	2,5	5	5000
5	5	5	5000
6	7,5	5	5000
7	2,5	8	5000
8	5	8	5000
9	7,5	8	5000

Material yang digunakan dalam pemodelan *menggunakan structural steel* dari ASME dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3 Structural steel properties

No	Properties	Simbol	Angka
1	Rapat massa	ρ	7850 kg/m ³
2	Kekuatan Tarik luluh	σ_{yp}	2.5 . 10 ⁸ N/m ²
3	Kekuatan Tekan luluh	σ_{ypc}	2.5 . 10 ⁸ N/m ²
4	Kekuatan Tarik luluh	σ_u	4.6 . 10 ⁸ N/m ²

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan luas dapat dilihat dalam tabel :

Tabel 4 Luas bidang plat

No uji	L (mm)	t (mm)	w (mm)	A_d (mm ²)	A_p (mm ²)
1	2.5	2	27.5	15	55
2	5	2	35	30	70
3	7.5	2	42.5	45	85
4	2.5	5	27.5	37.5	137.5
5	5	5	35	75	175
6	7.5	5	42.5	112.5	212.5
7	2.5	8	27.5	60	220
8	5	8	35	120	280
9	7.5	8	42.5	180	340

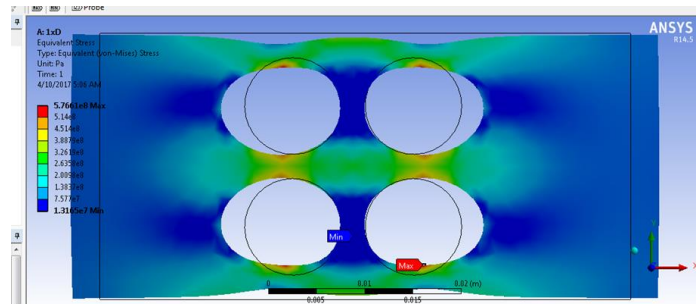
Perhitungan tegangan nominal dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 5 Hasil perhitungan untuk Kc

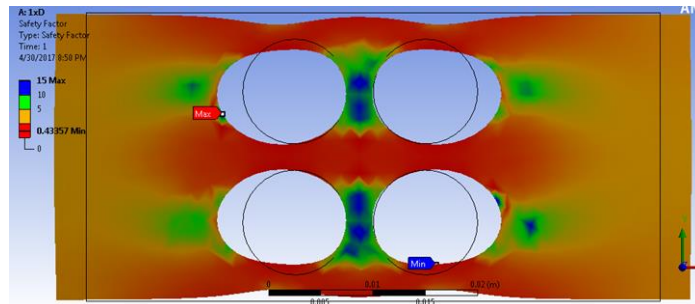
No uji	L (mm)	t (mm)	$\sigma \left(\frac{N}{m^2}\right)$	$\sigma_{nom} \left(\frac{N}{m^2}\right)$	$\sigma_{mak} \left(\frac{N}{m^2}\right)$	Kc
1	2.5	2	90909090.9	454545454.5	250000000	0.55
2	5	2	71428571.4	214285714.3	250000000	1.17
3	7.5	2	58823529.4	137254902.0	250000000	1.82
4	2.5	5	36363636.4	181818181.8	250000000	1.38
5	5	5	28571428.6	85714285.7	250000000	2.92
6	7.5	5	23529411.8	54901960.8	250000000	4.55
7	2.5	8	22727272.7	113636363.6	250000000	2.20
8	5	8	17857142.9	53571428.6	250000000	4.67
9	7.5	8	14705882.4	34313725.5	250000000	7.29

Tegangan & Kc hasil simulasi

Hasil yang diperoleh untuk tegangan minimum, tegangan maksimum dan konsentrasi tegangan dari simulasi model dapat dilihat dalam gambar :



Gambar 3 Tegangan maksimum dan minimum pada plat berlubang



Gambar 4 Konsentrasi tegangan Kc pada plat berlubang

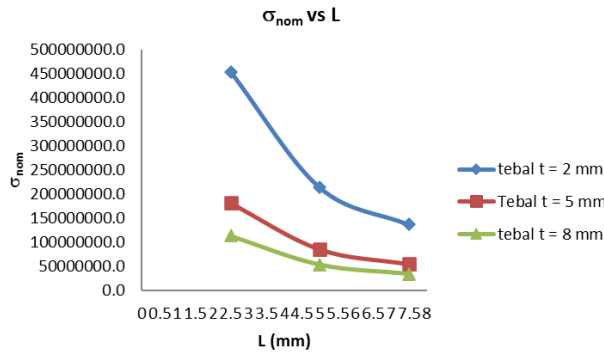
Variasi hasil simulasi selanjutnya dilakukan secara berulang untuk jarak antar tepi L = 2,5 mm, 5 mm dan 7.5 mm dengan ketebalan t = 2 mm, 5 mm dan 8 mm. Hasil selengkapnya dapat dilihat dalam table 4.3 sebagai berikut:

Tabel 6 Konsentrasi tegangan hasil simulasi

No	L (mm)	t (mm)	$\sigma_{min} \left(\frac{N}{m^2}\right)$	$\sigma_{mak} \left(\frac{N}{m^2}\right)$	Kc
1	2.5	2	13165000	576610000	0.43
2	5	2	3522400	225500000	1.11
3	7.5	2	1043900	139960000	1.79
4	2.5	5	6874600	301420000	0.83
5	5	5	1381700	121830000	2.05

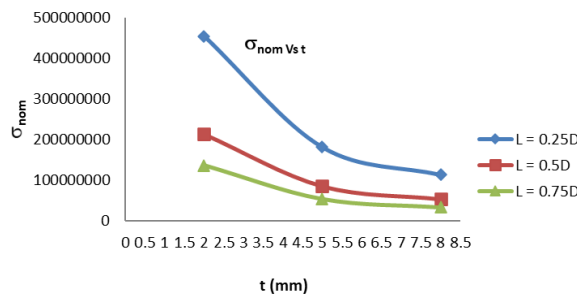
6	7.5	5	1526600	75457000	3.31
7	2.5	8	1974700	213910000	1.17
8	5	8	587670	85860000	2.91
9	7.5	8	288050	53299000	4.69

Tegangan yang terjadi pada perhitungan untuk semua variable L memberikan variasi harga yang berbeda satu sama lainnya:



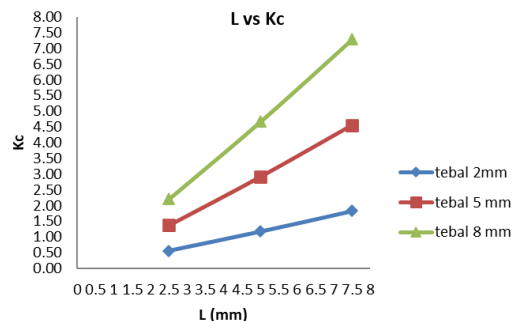
Gambar 5 Tegangan nominal pada variasi L

Tegangan nominal terhadap ketebalan plat pada setiap variasi harga L memberikan nilai tegangan nominal paling besar pada $L = 0,25D$. pada gambar 4.5 digambarkan dengan garis berwarna biru (paling atas).



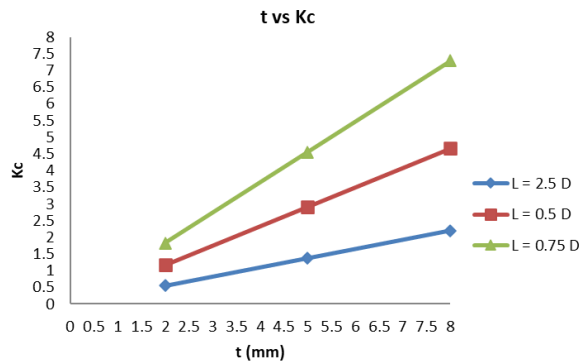
Gambar 6 Tegangan nominal pada variasi t

Konsentrasi tegangan K_c untuk ketebalan $L = 0.25D, 0.5D$ dan $0.75D$ mm memberikan harga paling tinggi pada ketebalan $t = 8$ mm dengan nilai $K_c = 7,29$. Sedangkan pada plat dengan ketebalan 2 mm memberikan nilai minimum $K_c = 0.55$.



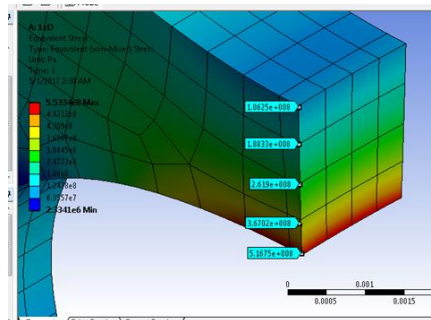
Gambar 7 jarak antar tepi L terhadap Kc

Konsentrasi tegangan K_c untuk ketebalan $t = 2, 5$ dan 8 mm memberikan harga paling tinggi pada ketebalan $t = 8$ mm dengan nilai $K_c = 7.29$. Sedangkan pada plat dengan ketebalan 2 mm memberikan nilai minimum $K_c = 0.55$.



Gambar 8 Tebal plat t terhadap konsentrasi tegangan K_c

Distribusi tegangan sepanjang jarak tepi baik sisi dengan lubang maupun lubang dengan lubang untuk setiap variasi tebal dan jarak antar tepi L dapat dilihat dalam gambar simulasi berikut:

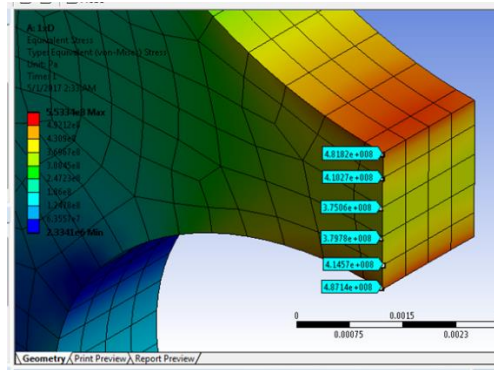


Gambar 9 distribusi tegangan dari lubang ke tepi

Dengan menggunakan *probe* pada tiap node untuk material uji $t = 2$ mm dengan $L = 0,25D$ yang dipilih memberikan hasil sebagai berikut:

No	Bagian (node)	Tegangan (N/m^2)
1	5	106250000
2	4	188330000
3	3	261900000
4	2	360200000
5	1	516750000

Pada bagian tengah yaitu jarak antara lubang dengan lubang distribusi tegangan dapat dilihat sebagai berikut:



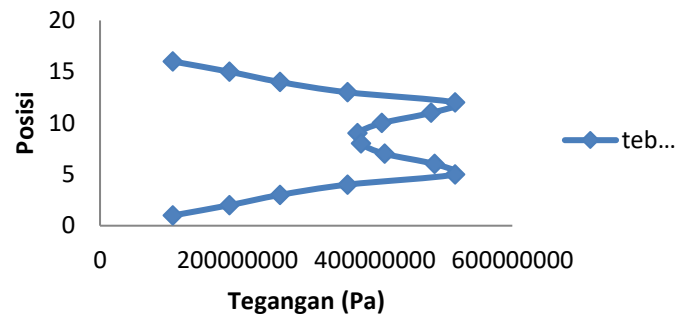
Gambar 10 Distribusi tegangan dari lubang ke tepi

Pemilhan data pada node secara berurutan mulai dari bagian bawah hingga atas dari kedua batas lubang tersebut:

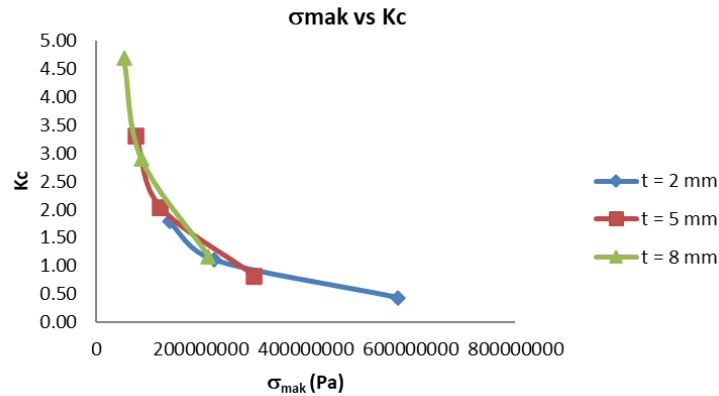
Tabel 9 tegangan pada bagian tengah

No	Bagian (node)	Tegangan (N/m ²)
1	481820000	481820000
2	410270000	410270000
3	375060000	375060000
4	379780000	379780000
5	414570000	414570000
6	487140000	487140000

Distribusi tegangan pada garis kritis



Gambar 12 grafik distribusi tegangan pada garis kritis



Gambar 13 grafik hubungan Kc dan σ_{maks}

SIMPULAN

Tegangan tarik yang dialami oleh plat berlubang susunan *inline* dengan jumlah lubang sebanyak 2 x 2 memberikan informasi yang berbeda. Dengan variasi jarak antar lubang dan tebal plat memberikan tegangan minimum, maksimum dan konsentrasi tegangan pada setiap batas kritisnya. Hasil eksperimen menggunakan simulasi *static structural*, kombinasi antara variable jarak dengan tebal plat akan mendekati kritis bila perbandingan jarak dan tebal semakin kecil. Hasil simulasi pada jarak $L = 0.25D$ dan tebal $t = 2$ mm menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi sebesar $5.4 \cdot 10^8$ Pa melebihi batas luluhnya sebesar $2.5 \cdot 10^8$ Pa. Sehingga akan menurunkan nilai $K_c = 0.54$, daerah ini akan lebih mudah mengalami *crash* lebih dahulu dibandingkan dengan daerah lainnya.

Pada daerah yang sejajar dengan sumbu lateral plat dan gaya aksial yang bekerja tidak mengalami beban yang berlebihan dibandingkan daerah di atas. Ini menunjukkan bahwa tegangan yang bekerja pada daerah ini. Vektor tegangan lebih banyak bekerja pada permukaan yang lebih kecil yang tegak lurus terhadap tegangan yang bekerja. Pada berbagai variasi variable diatas kondisi semua daerah tersebut yang kecil terjadi *crash*.

Konsentrasi tegangan K_c yang dialami pada setiap pengujian dipengaruhi juga oleh variable-variabel tersebut di atas terutama jarak antara lubang dan tepi L . Harga K_c yang rendah pada $L = 0.25D$ akan memberikan tingkat keamanan yang rendah dan akan lebih mudah terdoformasi terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Pilkey, W. D., Pilkey, D. F., & Bi, Z. (2007). *Peterson's Stress Concentration Factors* (3rd ed.). USA: John Wiley & Sons.
- Popov, E. P., & Astamar, Z. (1991). *Mekanika Teknik* (2nd ed.). Jakarta: Erlangga.
- Shigley, J., & Mischke, C. (1996). *Standard Handbook of Machine Design* (2nd ed.). New York: Mic Graw Hill.
- Spotts, F. M. (1961). *Design Of Machine Elements* (3rd ed.). London: Prentice-Hall inc.
- Suga, Kiyokatsu, & Sularso. (2013). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin Cetakan ke-11*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.