

ANALISIS TEGANGAN ADHESIVE SINGLE LAP JOINT AKIBAT PENAMBAHAN LUBANG MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS

Vedi Prayogo¹, Ali¹

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional

Bandung Email : vediprayogo@gmail.com

Received 07 02 2023 | Revised 14 02 2023 | Accepted 14 02 2023

ABSTRAK

Sambungan perekat single lap joint ini banyak dipakai dilapangan dan sederhana dalam hal pembuatannya. Sambungan adhesive merupakan sambungan yang tidak hanya untuk logam penyambungannya dan bisa dipakai untuk menyambungkan dua benda dengan material yang berbeda. Penelitian saya ini membahas tentang tegangan adhesive untuk single lap joint akibat adanya lubang dan adanya penambahan lubang untuk mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi di lubang utama, analisis atau simulasi saya dalam perhitungan untuk mengitung tegangan yang terjadi menggunakan software Ansys workbench 2020. Variasi pemodelan yang saya gunakan variasi tanpa lubang, adanya lubang dan ada lubang tambahan dengan memvariasikan penambahan lubang diameter 8 mm sampai 14 mm dan saya variasikan juga permukaan adhesive dengan variasi 3 macam kekasaran dengan nomor kekasaran 240 (6,28 μm), nomor kekasaran 120 (12,29 μm) dan nomor kekasaran 60 (20,32 μm) menggunakan solidworks. Material adhesive jenis epoxy ($E = 12960 \text{ MPa}$ $\nu = 0,34$). Pada simulasi Ansys ini beban yang bekerja pada single lap joint adalah beban axial, untuk pemodelan diatas didapatkan hasil tegangan yang terjadi. Untuk variasi tanpa lubang dengan adanya lubang maka tegangannya berkurang hal ini disebabkan karena luas penampang semakin mengecil. Dengan adanya penambahan lubang dengan variasi yang berbeda maka tegangannya berkurang di diameter 15 mm pada semua variasi. Pengurangan terbesar terjadi pada variasi lubang diameter 14 mm sehingga konsentrasi tegangannya berkurang sebesar 18,89%. Dengan variasi nilai kekasaran diatas maka tegangannya naik dengan kenaikan kekasarannya. Jadi dengan penambahan lubang itu bisa mengurangi konsentrasi tegangan. Dari hasil data penelitian saya ternyata lebih efektif dengan penambahan lubang karena konsentrasi tegangannya berkurang.

Kata kunci : *axial, kekasaran permukaan, software Ansys*

ABSTRACT

This single lap joint adhesive joint is widely used in the field and is simple in terms of its manufacture. Adhesive connection is a connection that is not only for metal joining and can be used to connect two objects with different materials. My research discusses the adhesive stress for single lap joints due to holes and the addition of holes to reduce the concentration of stress that occurs in the main hole, my analysis or simulation in calculations to calculate the stress that occurs using Ansys workbench 2020 software. The modeling variations I used were variations without holes, the presence of holes and there were additional holes by varying the addition of holes 8 mm to 14 mm in diameter and I also varied the adhesive surface with variations of 3 kinds of roughness with roughness number 240 (6.28 μm), roughness number 120 (12.29 μm) and roughness number 60 (20.32 μm) using solidworks 2018.

Epoxy type adhesive material ($E = 12960 \text{ MPa}$ $\nu = 0.34$). In this Ansys simulation, the load that works on a single lap joint is an axial load, for the modeling above, the stress results that occur. For variations without holes in the presence of holes, the stress is reduced, this is because the cross-sectional area of the bush is shrinking. With the addition of holes with different variations, the stress is reduced in diameter by 15 mm in all variations. The greatest reduction occurred in the variation of the 14 mm diameter hole so that the stress concentration was reduced by 18.89%. With the variation of the roughness value above, the stress increases with an increase in the roughness. So with the addition of holes it can reduce the concentration of stress. From the results of my research data, it turns out that it is more effective with the addition of holes because the stress concentration is reduced.

Keywords : axial, surface roughness, Ansys software

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sambungan perekat single lap joint menawarkan banyak keuntungan seperti penghematan waktu, penghematan biaya, karakteristik redaman yang baik, kekuatan yang sangat tinggi dibandingkan dengan proses penyambungan konvensional lainnya. Pada sambungan ini, beban ditransmisikan dengan lancar dari satu pelat ke pelat lainnya melalui perekat [1].

Sambungan single lap joint juga merupakan salah satu geometri sambungan yang paling umum digunakan karena kesederhanaan dan kemudahan pembuatannya [2].

Konsentrasi tegangan adalah suatu kondisi ketika tegangan meningkat hanya di area tertentu dari suatu komponen dibandingkan dengan tekanan di bagian komponen yang seragam ketika diberi beban. Fenomena ini dapat terjadi karena penyimpangan geometris seperti lubang, sudut tajam, perubahan penampang, takik, benang, alur, retakan, dan sebagainya [3].

Selain itu perkembangan teknologi saat ini dapat memudahkan proses analisis yaitu dengan adanya software pada penelitian ini menggunakan software ansys workbench 2020 untuk menghasilkan data yang akan dicari pada penelitian ini dengan berbagai variasi yaitu: variasi tanpa lubang, lubang satu, penambahan lubang dan kekasaran permukaan, software ansys ini dapat digunakan untuk melakukan analisis pada struktur yang salah satunya pada sambungan single lap joint.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adhesive

Adhesive adalah suatu proses untuk merekatkan dua buah permukaan menjadi satu dengan bantuan zat adhesive [4]. Keuntungan penggunaan adhesive yaitu :

- Pemakaian masukan energi yang rendah pada waktu penyambungan, sehingga tidak akan menyebabkan terjadinya distorsi pada material yang akan disambung
- Permukaan luar yang halus dapat diperoleh dengan mudah
- Dapat berfungsi sebagai peredam getaran
- Sedangkan kekurangan dari penggunaan adhesive adalah :
- Memerlukan perlakuan permukaan sebelum material dapat di sambung
- Memerlukan ketahanan yang rendah terhadap temperatur tinggi dan api

2.2 Tegangan (stress)

Gaya total dan momen bekerja permukaan memanifestasikan dirinya sebagai distribusi gaya diseluruh area. Kekuatan distribusi yang bekerja pada suatu titik di permukaan adalah unik dan akan memiliki komponen didalamnya arah normal dan tangensial disebut tegangan normal dan tegangan geser tangensial, masing-masing tegangan normal dan geser diberi label dengan simbol yunani σ dan τ . Jika arah σ keluar dari permukaan maka dianggap sebagai tegangan sepuh sile dan merupakan tegangan normal positif. Jika σ masuk ke permukaan itu adalah tegangan tekan dan umumnya dianggap sebagai kuantitas negatif.

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ dan } \tau = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

σ = Tegangan Normal (N/mm²)

τ = Tegangan Geser (N/mm²)

F = Beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

2.3 Konsentrasi tegangan

Konsentrasi tegangan adalah efek yang sangat terlokalisasi. Dalam beberapa kasus itumungkin karena goresan permukaan. Jika materialnya ulet dan bebannya statis, desainnya beban dapat menyebabkan pelelehan di lokasi kritis pada takikan [5].

$$Kt = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_0}$$

Keterangan :

Kt = faktor konsentrasi tegangan

σ_{max} = tegangan maksimum (N/mm²)

σ_0 = tegangan yang terjadi (N/mm²)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Pada gambar 3.1 dibawah ini diperlihatkan tahapan-tahapan penelitian analisis tegangan adhesive single lap joint akibat penambahan lubang menggunakan software ansys.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Dibawah ini merupakan penjelasan mengenai langkah-langkah penelitian agar tujuannya tercapai :

3.2 Jenis Sambungan

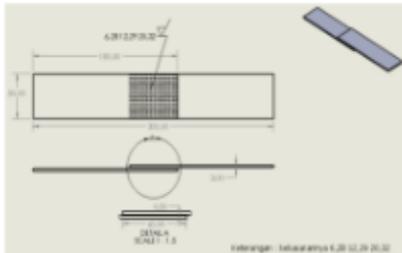
Jenis adhesive yang di analisis adalah single lap joint bisa dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini



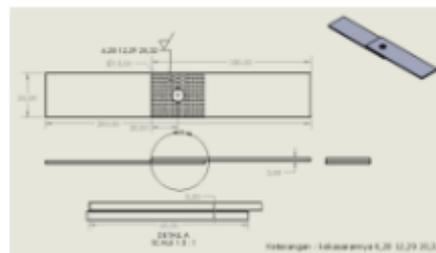
Gambar 3.2 Jenis sambungan single lap joint

3.3 Gambar Teknik

Adapun gambar teknik yang sudah dibuat dengan berbagai variasi yaitu variasi tanpa lubang, adanya lubang dan lubang tambahan 8 mm sampai 14 mm. Bisa dilihat pada gambar 3.3a, 3.3b dan 3.3c dibawah ini menceritakan tahapan membuat ukuran pada pemodelan ini dengan berbagai variasi tanpa lubang, lubang satu, lubang tambahan 8 mm sampai 14 mm dan kekasaran permukaan



Gambar 3.3.1 Gambar Teknik Tanpa



Gambar 3.3.2 Gambar Teknik Lubang Satu

3.4 Pemilihan material dan menentukan variasi

Bisa dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini bahwa material yang digunakan pada penelitian ini untuk adhesivenya yaitu epoxy dan untuk adherendnya Aluminium 2024 T3.

Tabel 3.1 Data Material

Jenis	Material	Modulus	Poisson's Ratio ν	Tensile	Density (kg/m^3)
		Elastisitas (MPa)		Strenght (MPa)	
Adherend	Aluminium 20204 T3	72400	0,33	427	2768
Adhesive	Epoxy	12960	0,34	72,46	1997

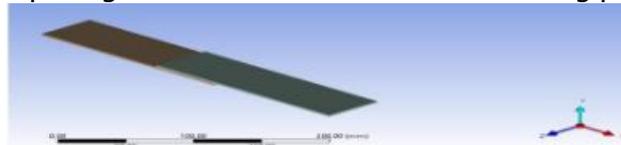
Tabel 3.2 Variasi sambungan single lap joint

Tanpa lubang (pcs)	Lubang satu (mm)	Lubang tambahan variasi (mm)	Kekasaran (μm)	Tebal adhesive (mm)	F (N)
1			No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15		No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	8	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	9	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	10	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	11	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	12	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	13	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000
	15	14	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000

Bisa dilihat pada tabel 3.2 di atas Untuk variasi yang digunakan variasi tanpa lubang, adanya lubang 15 mm, lubang tambahan 8 sampai 14 mm dan juga variasi kekasaran permukaannya ada 3 variasi yaitu 6,28,12,29 dan 20,32 pada pembebanannya yaitu beban axial ($F = 2000 \text{ N}$) lalu di input di software Ansys

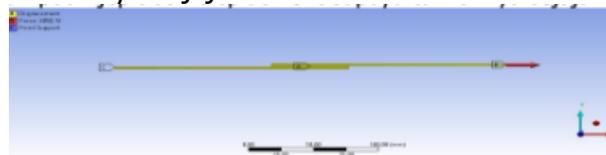
3.5 Pemodelan dan simulasi

Pemodelan pada penelitian ini menggabungkan adhesive dan adherendnya dengan pemodelan tanpa lubang, adanya lubang, lubang tambahan 8 mm sampai 14 mm dan juga kekasaran permukaan. Dapat dilihat pada gambar 3.4.1 menceritakan tentang pemodelan single lap joint.



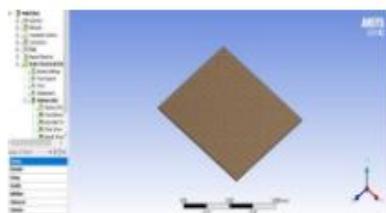
Gambar 3.4.1 Pemodelan single lap joint

pada gambar 3.4.2 dibawah ini gaya yang digunakan yaitu beban axial dengan tumpuan jepit dan displacement supaya tarikannya sejajar sumbu x

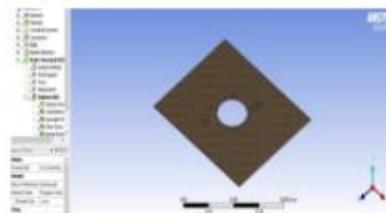


Gambar 3.4.2 Pemodelan beban dan tumpuan pada single lap joint

Setelah melakukan pemodelan melakukan simulasi dengan tahapan menentukan jenis material, lalu meshing dengan element size dengan jenis meshing body sizing untuk adhesive nya dan untuk adherendnya juga. Dapat dilihat pada gambar 3.6.1, 3.6.2 dan 3.6.3 dibawah ini untuk hasil meshing pada adhesive dengan element size 1 mm

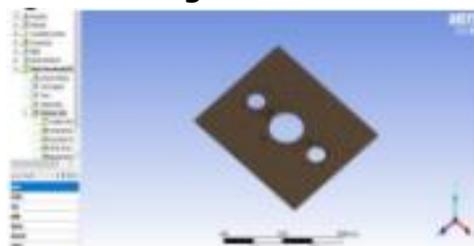


Gambar 3.6.1 Hasil meshing untuk kekasaran no 240 tanpa lubang



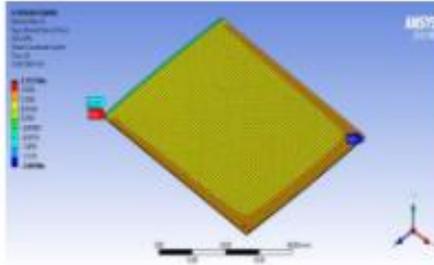
untuk kekasaran 240 lubang satu

Gambar 3.6.2 Hasil meshing

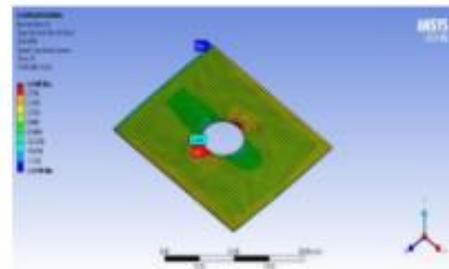


Gambar 3.6.3 Hasil meshing untuk kekasaran 240 lubang satu tambahan 8mm

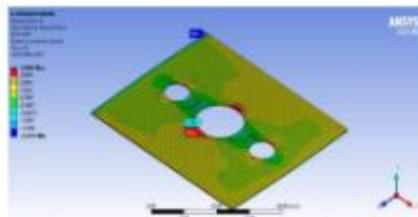
Dapat dilihat Pada gambar 3.7.1, 3.7.2 dan 3.7.3 dibawah ini yaitu menceritakan hasil simulasi pada bagian adhesivenya untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada adhesive .



Gambar 3.7.1 Simulasi pada daerah adhesive kekasaran no 240 tanpa lubang



Gambar 3.7.2 Simulasi pada daerah adhesive kekasaran no 240 satu lubang



Gambar 3.7.2 Simulasi pada daerah adhesive kekasaran no 240 lubang tambahan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan simulasi software Ansys pada sambungan adhesive single lap joint diperoleh hasil tegangan (normal dan geser) untuk di analisis.

4.1 Hasil simulasi pada software Ansys

Setelah melakukan simulasi didapatkan hasil tegangan dengan 3 macam nomor kekasaran. Pada tabel 3.3.1, 3.3.2 dan 3.3.3 dibawah ini yaitu data hasil simulasi pada software Ansys dengan berbarbagai macam variasi.

Tabel 3.3.1 ,hasil simulasi software no kekasaran 240

Tanpa lubang (pcs)	Lubang satu (mm)	Lubang tambahan variasi (mm)	Kekasaran (μm)	Tebal adhesive (mm)	F (N)	σ (Mpa)	τ (Mpa)
1			No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	2,3127	3,0762
	15		No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	3,3448	3,2838
	15	8	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	3,2082	3,4602
	15	9	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	3,1968	3,5078
	15	10	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	3,1371	3,553
	15	11	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	3,063	3,5784
	15	12	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	3,0047	3,6366
	15	13	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	2,9288	3,6759
	15	14	No. 240 (Rz = 6,28)	0,5	2000	2,8402	3,7606

Tabel 3.3.2 hasil simulasi software no kekasaran

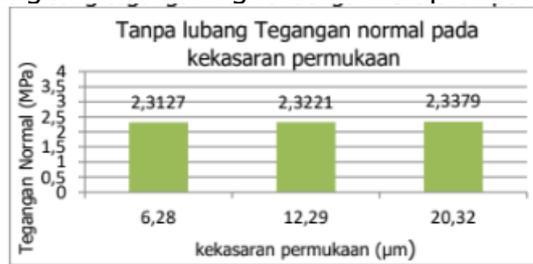
Tanpa lubang (pcs)	Lubang satu (mm)	Lubang tambahan variasi (mm)	Kekasaran (μm)	Tebal adhesive (mm)	F (N)	σ (Mpa)	τ (Mpa)
1			No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	2,3221	3,1068
	15		No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	3,3511	3,2864
	15	8	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	3,2151	3,4551
	15	9	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	3,1768	3,515
	15	10	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	3,1214	3,5297
	15	11	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	3,0057	3,5895
	15	12	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	2,9997	3,641
	15	13	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	2,9174	3,6703
	15	14	No. 120 (Rz = 12,29)	0,5	2000	2,8298	3,7546

Tabel 3.3.3 hasil simulasi software no kekasaran 60

Tanpa lubang (pcs)	Lubang satu (mm)	Lubang tambahan variasi (mm)	Kekasaran (μm)	Tebal adhesive (mm)	F (N)	σ (Mpa)	τ (Mpa)
1			No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	2,3379	3,1697
	15		No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	3,3867	3,3086
	15	8	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	3,2691	3,4507
	15	9	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	3,2132	3,503
	15	10	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	3,162	3,5479
	15	11	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	3,1044	3,5624
	15	12	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	3,0426	3,62
	15	13	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	2,965	3,6668
	15	14	No. 60 (Rz = 20,32)	0,5	2000	2,8464	3,7821

Dari tabel 3.3.1, 3.3.2 dan 3.3.3 bisa di analisis sebagai berikut:

a) Variasi tanpa lubang tegangan normal dengan kekasaran permukaan



Gambar 3.8 Grafik tegangan normal tanpa lubang dan kekasaran permukaan

Dari gambar 3.8 diatas dapat di analisis pertambahan ukuran profil kekasaran permukaan dengan kekasaran 20,32 μm itu meningkatkan tegangan pada adhesive dibandingkan dengan kekasaran 12,29 μm dan kekasaran 6,28 μm . Hal ini disebabkan pertambahan ukuran kekasaran mengakibatkan dari permukaan semakin luas sehingga perekatan adhesive semakin meluas yang mana menyebabkan terjadinya kenaikan tegangan yang terjadi. Kenaikan tegangan normal dari kekasaran 6,28 μm ke kekasaran 12,29 μm sebesar 0,4%, dari kekasaran 12,29 μm ke kekasaran 20,32 μm mengalami kenaikan sebesar 0,6%.

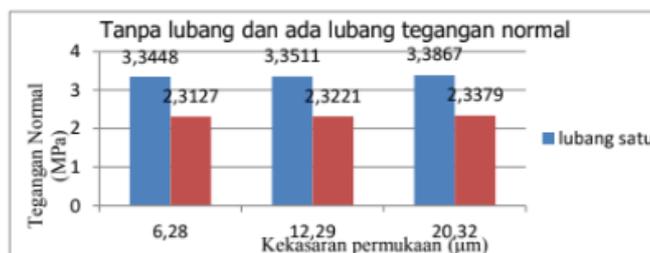
b) Variasi tanpa lubang tegangan geser dengan kekasaran permukaan



Gambar 3.8 Grafik tegangan geser tanpa lubang dan kekasaran permukaan

Dari gambar 3.8 diatas dapat di analisis pertambahan ukuran profil kekasaran permukaan dengan kekasaran 20,32 μm itu meningkatkan tegangan pada adhesive dibandingkan dengan kekasaran 12,29 dan kekasaran 20,32. Hal ini disebabkan pertambahan ukuran kekasaran mengakibatkan permukaan semakin luas dan semakin kuat menahan beban. Kenaikan tegangan geser dari kekasaran 6,28 μm ke kekasaran 12,29 μm sebesar 0,9%, dari kekasaran 12,29 μm ke kekasaran 20,32 μm mengalami kenaikan 1,9%

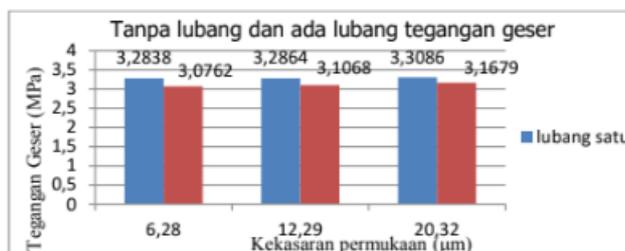
c) Perbandingan variasi tanpa lubang dan variasi ada lubang pada tegangan normal



Gambar3.9 Perbandingan tegangan normal tanpa lubang dan adanya lubang

Dari gambar 3.9 diatas dapat di analisis dari simulasi bahwa tegangan normal untuk adanya lubang lebih besar untuk semua kekasaran, bahwa semakin mengecil luas penampang semakin besar tegangannya. Kenaikan tegangan normal dari kekasaran 6,28 μm tanpa lubang dan ada lubang sebesar 44,6%, pada kekasaran 12,29 μm tanpa lubang dan ada lubang mengalami kenaikan sebesar 44,3%, dan pada kekasaran 20,32 μm tanpa lubang dan ada lubang mengalami kenaikan sebesar 44,8%.

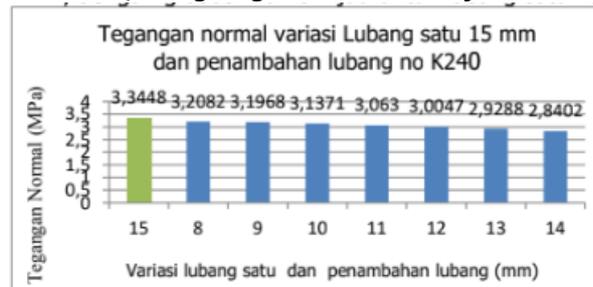
d) Perbandingan variasi tanpa lubang dan variasi ada lubang tegangan geser



Gambar 3.10 Perbandingan tegangan geser tanpa lubang dan adanya lubang

Dari gambar 3.10 diatas dapat di analisis dari simulasi bahwa tegangan geser untuk adanya lubang lebih besar di bandingkan tanpa lubang untuk semua kekasaran, bahwa tegangan geser itu berbanding terbalik dengan luas penampang luas penampangnya semakin kecil tegangannya semakin besar. Kenaikan tegangan geser dari kekasaran 6,28 μm tanpa lubang dan ada lubang sebesar 6,7%, pada kekasaran 12,29 μm tanpa lubang dan ada lubang mengalami kenaikan sebesar 5,7%, dan juga kekasaran 20,32 μm tanpa lubang dan ada lubang mengalami kenaikan sebesar 4,4%.

e) Variasi lubang satu 15 mm dan lubang tambahan 8 mm sampai 14 mm tegangan normal. Bisa dilihat pada gambar 3.11 dibawah semua tegangan yang diambil pada penelitian ini berada di lubang satu 15 mm pada semua variasi penambahan lubangnya, dengan variasi penambahan lubang dari 8 mm sampai 14 mm, dengan gradasi warna hijau untuk lubang satu 15 mm.



Gambar 3.11 tegangan normal lubang satu dan penambahan lubang no K240

Dari gambar 3.11 diatas dapat di analisis dengan penambahan lubang tegangan normalnya menurun sehingga besarnya konsentrasi tegangannya lebih kecil, sehingga efektif dengan penambahan lubang untuk semua penambahan lubang dari diameter 8 mm sampai 14 mm, yang terbesar penurunannya terjadi pada diameter 14 mm bahwa diameter 14 mm lebih efektif dibandingkan dengan penambahan lubang diameter 8 sampai 13 mm. Untuk semua kekasaran terbukti polanya sama pada penambahan diameter 14 mm penerunan konsentrasi tegangannya lebih efektif. Bisa dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini menceritakn penurunan tegangan normal pada setiap variasi lubang 8 mm sampai 14 mm.

Tabel 3.4 penurunan tegangan normal pada variasi lubang

lubang satu (mm)	lubang tambahan (mm)	penurunan tegangan normal lubang satu ke lubang tambahan (%)
15	8	4,2
15	9	4,6
15	10	6,62
15	11	9,2
15	12	11,3
15	13	14,2
15	14	17,76

Bisa dibandingkan penurunan tegangan normal lubang satu 15 mm ke lubang tambahan 14 mm pada semua kekasaran yaitu : untuk kekasaran 6,28 μm lubang satu 15 mm ke lubang tambahan 14 mm mengalami penurunan sebesar 17,76%. Untuk kekasaran 12,29 μm lubang satu 15 mm ke lubang tambahan 14 mm mengalami penurunan sebesar 18,42%. Untuk kekasaran 20,32 μm lubang satu 15 mm ke lubang tambahan 14 mm mengalami penurunan sebesar 18,98%.

f) Variasi lubang satu 15 mm dan lubang tambahan 8 mm sampai 14 mm tegangan geser. Bisa dilihat pada gambar 4.8 dibawah semua tegangan yang diambil pada penelitian ini berada di lubang satu 15 mm pada semua variasi penambahan lubangnya, dengan variasi penambahan lubang dari 8 mm sampai 14 mm, dengan gradasi warna hijau untuk lubang satu 15 mm.



Gambar 3.12 tegangan geser lubang satu dan penambahan lubang no K240

Dari gambar 3.12 diatas dapat di analisis tegangan geser dari lubang satu 15 mm ke lubang tambahan diameter 8 mm sampai 14 mm mengalami kenaikan karena berbanding terbalik dengan gaya, luas penampangnya semakin kecil tegangan gesernya semakin besar. Bisa dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini menceritakan kenaikan tegangan geser pada setiap variasi lubang 8 mm sampai 14 mm

Tabel 3.5 kenaikan tegangan geser pada variasi lubang

lubang satu (mm)	lubang tambahan (mm)	kenaikan tegangan geser lubang satu ke lubang tambahan (%)
15	8	5,3
15	9	6,84
15	10	8,21
15	11	8,74
15	12	10,7
15	13	11,96
15	14	14,54

5.KESIMPULAN

Setelah melakukan simulasi software pada single lap joint dengan variasi tanpa lubang, adanya lubang, lubang tambahan 8 mm sampai 14 mm dan kekasaran permukaan diperoleh beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut, Pada variasi tanpa lubang tegangan normal dan tegangan gesernya lebih besar pada kekasaran 20,32 μm . Pada perbandingan variasi tanpa lubang dan variasi adanya lubang tegangan normal dan gesernya lebih besar pada variasi adanya lubang. Tingkat permukaannya semakin kasar tegangannya semakin naik. Dengan adanya penambahan lubang bisa mengurangi konsentrasi tegangan. Pengurangan tegangan terbesar terjadi pada variasi lubang tambahan diameter 14 mm sehingga konsentrasi tegangannya berkurang sebesar 18,89% pada kekasaran 20,32 μm . Tegangan yang terjadi pada semua variasi berada pada lubang satu 15 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Shaikh, N. Anekar, P. Kanase, A. Patil, and S. Tarate, "Single Lap Adhesive Joint (SLAJ): A Study," *Int. J. Curr. Eng. Technol. IJCRET INPRESSO Spec. Issue*, vol. 7, no. July, pp. 2277–4106, 2017, [Online]. Available: <http://inpressco.com/category/ijcet>
- [2] R. Garcia and P. Prabhakar, "Bond interface design for single lap joints using polymeric additive manufacturing," *Compos. Struct.*, vol. 176, pp. 547–555, 2017, doi: 10.1016/j.compstruct.2017.05.060.
- [3] A. Ali, D. I. Permana, and H. N. Yudha, "Analysis of variance dimension of reinforcement to stress concentration factor using Finite Element Method," *Sinergi*, vol. 26, no. 3, p. 295, 2022, doi: 10.22441/sinergi.2022.3.004.
- [4] A. Raharjo, "Perbandingan Produktivitas Sambungan Adhesive Bonding Dengan Sambungan Las," *J. Tek. Mesin*, pp. 65–70, 2017, [Online]. Available: <http://www.riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/679>
- [5] G. Richard, J. Budynas, and Keith Nisbett, No Tit. לצרכן . 2011. [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>