

Pengaruh Variasi *Overlap Adhesive Epoxy* Terhadap Kekuatan Tarik pada Aluminium 6061

Angger Dwi Mahendra¹, Unung Lesmanah², Mochammad Basjir³

¹²³Universitas Islam Malang

email: dwiangger2104@gmail.com; ununglesmanah@unisma.ac.id; m.basjir@unisma.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan ilmu pengetahuan dan naiknya kemampuan teknologi dalam era globalisasi menuntut berbagai macam golongan untuk berpikir kritis dalam mengusung ide-ide inovatif dalam menghadapi tantangan industri. Salah satu upaya yang dilakukan dalam bidang rekayasa adalah dengan memodifikasi karakteristik material agar mampu memenuhi kebutuhan spesifik, seperti kekuatan, ketahanan, dan efisiensi produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang overlap pada sambungan adhesive epoxy terhadap kekuatan tarik pada material aluminium 6061. Adhesive epoxy dipilih karena memiliki kekuatan ikatan yang tinggi dan tahan terhadap korosi. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan tiga variasi panjang overlap, yaitu 5 mm, 10 mm, dan 15 mm. Uji tarik dilakukan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM), dan masing-masing variasi diuji sebanyak tiga kali untuk mendapatkan hasil yang valid dan representatif. Hasil pada penelitian ini yaitu, panjang *overlap* berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan *adhesive epoxy* pada aluminium 6061, dimana semakin panjang *overlap*, maka kekuatan tarik sambungan semakin tinggi. *Overlap* 15 mm menghasilkan tegangan tarik rata-rata sebesar 0,041 kN, sedangkan overlap 10 mm sebesar 0,038 kN. Pada spesimen dengan *overlap* 5 mm gagal total saat proses penjepitan dan tidak dapat diuji lebih lanjut karena luas permukaan ikat yang terlalu kecil. Selanjutnya pada mode kegagalan ketika sambungan didominasi oleh *adhesive failure* pada overlap 10 mm dan kombinasi *adhesive-cohesive* pada overlap 15 mm.

Kata Kunci: *overlap*, *adhesive epoxy*, kekuatan tarik, aluminium 6061.

ABSTRACT

The advancement of knowledge and the rise of technological capabilities in the era of globalization demand various groups to think critically in proposing innovative ideas to face industrial challenges. One of the efforts undertaken in the field of engineering is to modify material characteristics to meet specific requirements, such as strength, durability, and production efficiency. This study aims to investigate the effect of overlap length variation on the tensile strength of epoxy adhesive joints in aluminum 6061 material. Epoxy adhesive was selected due to its high bonding strength and corrosion resistance. The experimental study involved three overlap length variations: 5 mm, 10 mm, and 15 mm. Tensile tests were conducted using a Universal Testing Machine (UTM), and each variation was tested three times to obtain valid and representative results. The results of this study indicate that overlap length has a significant influence on the tensile strength of epoxy adhesive joints on 6061 aluminum, where greater overlap results in higher tensile strength. An overlap of 15 mm produced an average tensile stress of 0.041 kN, while a 10 mm overlap produced 0.038 kN. The specimen with a 5 mm overlap failed completely during the clamping process and could not be tested further due to the bonding surface area being too small. In terms of failure mode, the joint with a 10 mm overlap was dominated by adhesive failure, while the 15 mm overlap exhibited a combination of adhesive and cohesive failure.

Keywords: *overlap*, *epoxy adhesive*, *tensile strength*, *6061 aluminum*

PENDAHULUAN

Peningkatan ilmu pengetahuan dan bertambahnya kapasitas teknologi dalam era globalisasi menuntut berbagai macam golongan untuk berpikir kritis dalam mengusung ide-ide inovatif dalam menghadapi tantangan industri. Salah satu upaya yang dilakukan dalam bidang rekayasa adalah dengan memodifikasi karakteristik material agar mampu memenuhi kebutuhan spesifik, seperti kekuatan, ketahanan, dan efisiensi produksi. Dalam konteks ini, aluminium, khususnya jenis 6061, menjadi salah satu material unggulan yang banyak digunakan di berbagai sektor, seperti otomotif, dirgantara, konstruksi, hingga peralatan rumah tangga. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat aluminium yang ringan, tahan terhadap korosi, serta memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik.

Alumunium adalah sejenis logam yang begitu keras dan tidak begitu kuat tetapi sangat kenyal, alumunium mempunyai berat jenis yang rendah, yakni 2,6 dan warnanya putih kebiru-biruan. Pengertian alumunium logam yang sangat ringan (berat jenisnya alumunium 2,56 atau 1/3 berat jenis tembaga). Aluminium 6061 merupakan salah satu paduan aluminium yang memiliki keseimbangan antara kekuatan mekanik dan kemudahan proses fabrikasi. Material ini sangat cocok digunakan pada komponen yang memerlukan beban mekanik ringan namun tetap kokoh, seperti rangka kendaraan, struktur pesawat terbang, dan berbagai kerangka mesin. Namun, dalam penerapannya, aluminium 6061 sering kali membutuhkan proses penyambungan, baik antar komponen sejenis maupun berbeda jenis material. Penyambungan ini harus dilakukan dengan metode yang tidak merusak struktur material, namun tetap mampu menghasilkan kekuatan sambungan yang tinggi.

Adhesive epoxy, salah satu jenis adhesive termoset yang paling umum digunakan dalam aplikasi struktural. *Epoxy*

terdiri dari resin dan hardener yang akan bereaksi membentuk ikatan yang sangat kuat setelah proses *curing* yang menghasilkan struktur silang (*cross-linking*) yang kaku dan stabil. Reaksi kimia pada *epoxy* menghasilkan sifat mekanik unggul seperti tahan korosi, isolasi termal, dan daya rekat tinggi pada logam maupun komposit [1]. *Epoxy* termasuk dalam kelompok termoset yang tidak dapat dilelehkan kembali setelah *curing* selesai dikarenakan ikatan kimia yang permanen [2]. Penggunaan *adhesive epoxy* spesifik dapat mempengaruhi performa tarik sambungan. Dalam sebuah penelitian *lap joint* yang direkatkan dengan Araldite AV 138 IN menunjukkan beban patah tertinggi pada sambungan aluminium dan GFRP [3]. Ini menunjukkan bahwa jenis *epoxy* dapat mempengaruhi hasil akhir *tensile strength*, dan oleh karena itu penelitian ini memilih *adhesive epoxy* berkualitas standar industri. Penambahan CNT pada *adhesive epoxy* dapat meningkatkan kekuatan *lap shear* hingga 9 %, sekaligus mempercepat proses *curing* melalui pemanasan lokal [4]. Semakin lama waktu *curing* pada suhu ruang, kekuatan tarik *adhesive epoxy* meningkat secara signifikan, dengan performa optimal dicapai setelah 48–72 jam, sedangkan *curing* kurang dari 24 jam memberi kekuatan yang lebih rendah [5].

Metode penyambungan konvensional seperti pengelasan memiliki keterbatasan, seperti risiko deformasi termal, konsentrasi tegangan di titik sambungan, serta perubahan sifat mikrostruktur material akibat panas. Oleh karena itu, metode penyambungan menggunakan perekat atau adhesive berbasis epoxy mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif yang lebih efisien dan aman. Penyambungan dengan adhesive menawarkan keuntungan berupa distribusi tegangan yang lebih merata, tidak memerlukan pemanasan tinggi, serta cocok untuk sambungan material berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi panjang overlap (5 mm, 10 mm, dan 15 mm) terhadap kekuatan tarik sambungan adhesive epoxy pada aluminium 6061. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan metode uji tarik untuk mengevaluasi kinerja mekanik dari masing-masing variasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan praktis dalam merancang sambungan struktural berbasis adhesive yang efisien dan kuat, khususnya untuk aplikasi teknik mesin dan manufaktur ringan.

MATERIAL dan METODE

Aluminium 6061 adalah material yang dipakai yang termasuk dalam keluarga paduan aluminium seri 6xxx, di mana unsur tambahan digunakan untuk memberikan sifat mekanik tertentu yang tidak dimiliki oleh aluminium murni, seperti kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap patahan. Komposisi kimia dari aluminium 6061 sendiri adalah sebagai berikut:

Alloy group	Nominal chemical composition ⁽¹⁾ Wt %										
	Mg	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Zr	Other
Wrought alloys											
1xxx (Al > 99.00%)	0.035-0.25	0.035-0.7	0.002-0.006	0.01-0.03	0.002-0.05	0.005-0.6	—	0.005-0.35	0.005-0.25	—	—
2xxx (Cu)	0.02-0.8	0.10-1.3	0.02-0.3	0.05-0.2	0.05-1.3	0.12-1.3	0.05-2.3	0.8-6.8	0.10-0.80	0.05-0.5	—
3xxx (Mn)	0.05-1.3	0.3-1.8	0.05-0.10	0.05-0.40	0.05-1.8	0.1-1.0	—	0.05-0.30	0.05-1.0	0.1-0.5	—
4xxx (Si)	0.05-2.0	0.8-13.5	0.04-0.30	0.05-0.25	0.03-1.5	0.20-1.0	0.13-1.3	0.05-1.5	0.05-0.25	—	—
5xxx (Mg)	0.2-5.6	0.04-0.7	0.05-0.20	0.05-0.35	0.05-1.4	0.10-0.7	0.05-0.05	0.03-0.35	0.05-2.8	—	—
6xxx (Mg + Si)	0.05-1.5	0.35-1.8	0.04-0.20	0.03-0.035	0.03-1.0	0.08-1.0	0.2-1.0	0.10-1.2	0.05-2.4	0.05-0.20	—

Gambar 1 Komposisi Kimia Aluminium

Densitas paduan aluminium 6061 adalah sekitar 2,7 g/cm³ (0,0975 lb/in³). Paduan ini dapat diolah melalui perlakuan panas, mudah dibentuk dan dilas, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, menjadikannya pilihan yang sangat

fleksibel untuk berbagai aplikasi teknik dan industri.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, yang dikombinasikan dengan pendekatan teoritis. Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan untuk memperoleh data mengenai pengaruh variasi panjang overlap adhesive epoxy terhadap kekuatan tarik sambungan pada aluminium 6061. Penelitian dilakukan dengan cara memberikan perlakuan langsung terhadap spesimen aluminium 6061 yang direkatkan menggunakan *adhesive epoxy*, dengan tiga variasi panjang *overlap*, yaitu 5 mm, 10 mm, dan 15 mm. Perlakuan dilakukan secara sistematis untuk mengamati pengaruh panjang *overlap* terhadap kekuatan tarik sambungan *adhesive*.

HASIL dan PEMBAHASAN

Didapatkan fakta bahwa pada spesimen dengan panjang overlap 5 mm, seluruh spesimen mengalami kegagalan prematur, yaitu patah seketika saat penjepitan di mesin uji tarik. Hal ini menunjukkan bahwa panjang overlap sebesar 5 mm tidak mampu memberikan luas permukaan ikat yang cukup untuk menahan gaya tarik, sehingga kekuatan sambungan sangat rendah dan tidak dapat tercatat secara akurat oleh alat uji. Oleh karena itu, data pada variasi overlap 5 mm tidak dapat diolah lebih lanjut dalam analisis kuantitatif, tetapi menjadi bahan penting dalam analisis kualitas sambungan.

Berikut adalah data hasil pengujian tarik:

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tarik dengan Tebal Plat 5 mm

Variasi Overlap (mm)	Kode Spesimen	Lebar Awal/Wo (mm)	Panjang Awal/Lo (mm)	Panjang Setelah Patah/Li (mm)	Beban (kN)
5	A	27	200	Gagal	Gagal
	B	27	200	Gagal	Gagal
	C	27	200	Gagal	Gagal
10	A	27	200	220	5,29
	B	27	200	220	5,34
	C	27	200	220	4,92
15	A	27	200	230	5,34
	B	27	200	230	6,3
	C	27	200	230	5,21

Berdasarkan table 1 maka besarnya beban maksimum (P) dari setiap spesimen uji yang sudah diketahui, selanjutnya salah satu contoh hasil perhitungan untuk mendapatkan besar nilai kekuatan tarik dari spesimen ada modulus elastisitas sebesar $858,1 \text{ kN/mm}^2$ sebagai contoh yang

didapatkan dari variasi *overlap* 10 mm dengan kode spesimen A.

Dengan Perhitungan yang sama, maka hasil perhitungan data pada tabel 1 maka diperoleh hasil perhitungan pengujian tarik pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Olah Data Dari Uji Tarik

Variasi Overlap (mm)	Kode Spesimen	Lebar Awal (Wo) mm	Panjang Awal (Lo) mm	Beban (F) kN	Tegangan Tarik (σ) kN/mm ²	Regangan (ϵ) %	Modulus Elastisitas (E) kN/mm ²
5	A	27	200	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
	B	27	200	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
	C	27	200	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
10	A	27	200	5,29	0,039	0,1	0,39
	B	27	200	5,34	0,039	0,1	0,39
	C	27	200	4,92	0,036	0,1	0,36
15	A	27	200	5,34	0,039	0,15	0,26
	B	27	200	6,3	0,046	0,15	0,31
	C	27	200	5,21	0,038	0,15	0,25

Tabel 3 Hasil Analisis Kuantitatif Nilai Kekuatan Tarik

No	Analisis	Overlap		
		5 mm	10 mm	15 mm
1	Uji tarik rata-rata	0	0,0384	0,0416
2	Standart deviasi	0	0,0384	0,0018
3	Batas atas	0	0,0384	0,0434
4	Batas bawah	0	0,0383	0,0398
5	Standart deviansi rata-rata	0	0.00001626	0,0012724
6	Kesalahan Relative (%)	0	0.0423	3,3143
7	Ketelitian Pengukuran (%)	0	99.9577	96,6857



Gambar 2 Grafik Pengaruh Panjang Overlap dengan Tegangan Tarik Rata-rata.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin panjang overlap, maka

semakin tinggi nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh semakin luasnya area permukaan ikatan adhesive yang mampu mendistribusikan tegangan secara merata, sehingga meningkatkan kekuatan sambungan. Pada variasi 15 mm, rata-rata tegangan tarik mencapai 0.041 kN, sedangkan pada 10 mm hanya 0.038 kN. *Overlap* 5 mm tidak dapat diuji karena gagal saat proses penjepitan.

Berikut adalah perhitungan anova yang didapatkan:

Tabel 4 Hasil Analisis Varian (ANOVA) Uji Tarik.

Sember Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-rata Kuadrat	F hitung	F tabel
Rata-rata baris	0,00075	2	0,0015	0,34	3,18
Rata-rata kolom	0,000053	1	0,000053	0,012	2,81
Interaksi	0,00085	2	0,0017	0,39	2,81
Error	0,000721	6	0,00432		
Total	0,000044	12			

Pada rata-rata baris, $F_{hit} = 0,34 < F_{0,1(1,12)} = 3,18$, maka H_0 diterima. Jadi tidak ada pengaruh penggunaan Adhesive Epoxy terhadap kekuatan tarik sambungan Adhesive Epoxy pada Alumunium 6061 spesifikasi kekuatan tarik yang sama.

Pada rata-rata kolom, $F_{hit} = 0,012 < F_{0,1(2,12)} = 2,81$, maka H_0 ditolak. Jadi terdapat pengaruh penggunaan variasi

overlap 10 mm, dan 15mm terhadap kekuatan tarik Alumunium 6061 dikarenakan semakin luas overlap yang digunakan maka semakin besar nilai kekuatan tariknya.

Pada interaksi, $F_{hit} = 0,39 > F_{0,1(2,12)} = 2,81$, maka H_0 ditolak. Jadi terdapat interaksi antara variasi overlap 10mm, 15mm dengan jenis Adhesive Epoxy

terhadap kekuatan tarik Aluminium 6061. Dikarenakan variasi overlap yang digunakan dan jenis Adhesive

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa panjang overlap berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan adhesive epoxy pada aluminium 6061. Panjang overlap yang lebih besar menyediakan luas kontak adhesive yang lebih besar, sehingga mampu menyebarkan tegangan lebih merata. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh beberapa peneliti, yang menyatakan bahwa geometri sambungan dan panjang overlap sangat memengaruhi kekuatan mekanik sambungan *adhesive*.

Sambungan dengan overlap 5 mm gagal total saat dijepit dalam alat uji tarik. Kegagalan prematur ini menunjukkan bahwa luas permukaan ikat terlalu kecil untuk menahan tegangan awal, dan sambungan tidak memiliki kekuatan struktural minimum.

Pada pengujian ini juga diperoleh nilai regangan dan modulus elastisitas. Untuk spesimen overlap 10 mm, nilai regangan rata-rata sebesar 0,1, sementara untuk 15 mm sebesar 0,15. Nilai ini menunjukkan bahwa spesimen dengan overlap lebih panjang mampu menahan deformasi lebih besar sebelum mengalami kegagalan. Modulus elastisitas yang dihitung masih berada dalam kisaran karakteristik aluminium 6061 (68–72 GPa), yang menunjukkan bahwa material mempertahankan sifat elastisnya hingga mendekati beban maksimum.

Selanjutnya, analisis mode kegagalan didapatkan fakta sebagai berikut:

- Overlap 5 mm: Semua spesimen mengalami kegagalan prematur bahkan sebelum dilakukan uji tarik (gagal saat penjepitan). Ini mengindikasikan bahwa luas permukaan ikatan terlalu kecil untuk menghasilkan kekuatan ikat yang memadai. Kegagalan diklasifikasikan sebagai *early adhesive failure*, di mana ikatan antar permukaan tidak terbentuk sempurna karena kurangnya luas rekat dan waktu *curing* yang singkat. *Adhesive epoxy* juga

memerlukan luas kontak tertentu agar gaya adhesi dan kohesi dapat bekerja optimal. Ukuran *overlap* 5 mm tidak memenuhi syarat tersebut sehingga kegagalan prematur terjadi.

- Overlap 10 mm: Spesimen umumnya mengalami kegagalan *adhesive*, yaitu kegagalan yang terjadi pada antarmuka antara perekat dan permukaan aluminium. Hal ini menunjukkan bahwa gaya tarik melebihi kekuatan ikatan perekat terhadap logam. Kegagalan ini dapat terjadi karena kekasaran permukaan yang tidak optimal atau waktu curing yang belum mencapai kekuatan maksimum.

- Overlap 15 mm: Spesimen menunjukkan kegagalan kombinasi *adhesive-cohesive*, di mana sebagian area ikatan terlepas dari permukaan aluminium (*adhesive failure*) dan sebagian lainnya putus di dalam lapisan perekat itu sendiri (*cohesive failure*). Hal ini mengindikasikan ikatan yang lebih kuat dan menyeluruh dibandingkan *overlap* 10 mm. Panjang *overlap* yang lebih besar memungkinkan distribusi tegangan yang lebih merata

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi panjang *overlap adhesive epoxy* berpengaruh terhadap kekuatan tarik sambungan aluminium 6061. Semakin panjang *overlap*, maka semakin besar pula kekuatan tarik yang dihasilkan.
2. Rata-rata kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada panjang *overlap* 15 mm sebesar 0,0416 kN/mm², sedangkan *overlap* 10 mm menghasilkan kekuatan tarik sebesar 0,0384 kN/mm². *Overlap* 5 mm gagal saat proses penjepitan dan tidak dapat diuji kekuatan tariknya.
3. Hasil analisis statistik ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara panjang *overlap* 10 mm dan 15 mm pada tingkat signifikansi 10% ($\alpha = 0,1$), meskipun secara praktis terdapat peningkatan kekuatan tarik.

4. Mode kegagalan pada *overlap* 10 mm didominasi oleh *adhesive failure*, sementara pada *overlap* 15 mm terjadi kombinasi *adhesive* dan *cohesive failure*, yang menunjukkan kualitas ikatan yang lebih baik.

- [5] Jafarypouria, M., & Abaimov, S. G. (2025). Real-Time Cure Monitoring via Carbon Nanotube Networks Enables Mechanical Property Optimization in Post-Cured Epoxy Resins.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sangat mendalam, atas dukungan dan bantuan baik dari segi materi maupun teori pada saat penelitian kepada ibu Ir. Hj. Unung Lesmanah, M.T. dan Bapak Mochammad Basjir, S.T., M.T. serta keluarga dan teman-teman penelitian yang selalu support dalam bentuk doa maupun tindakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cavezza, F., Boehm, M., Terryn, H., & Hauffman, T. (2020). A review on adhesively bonded aluminium joints in the automotive industry. In *Metals* (Vol. 10, Issue 6). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/met10060730>
- [2] Zhang, S., He, E., Liang, H., Yang, Z., Wang, Y., Yang, Z., Gao, C., Wang, G., Wei, Y., & Ji, Y. (2024). Chemical Recycling of Epoxy Thermosets: From Sources to Wastes. In *Actuators* (Vol. 13, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/act13110449>
- [3] Suresh, C. (2023). Mechanical Characterization of Adhesive in Lap Joint Under Tensile Load.
<https://doi.org/10.37591/JoPC>
- [4] Marathe, U., Chalana, A., & Bijwe, J. (2022b). Performance Augmentation of Epoxy Adhesives with TiN Nanoparticles. *ACS Omega*, 7(5), 4150–4157.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05706>