

Pengaruh Pemakaian Kekasaran Permukaan Logam dan Tanpa Kekasaran Dengan Variasi Jenis Adhesive (Bahan Perekat) Terhadap Kekuatan Tarik-Geser Pada Logam Aluminium 6061

Sugiyanto^{1*}, Toni Bambang Romijarso², Achmad Nurhidayat³, Zaini Abdullah⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Surakarta, Indonesia

⁴Mahasiswa Teknik Mesin, Universitas Surakarta, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : sugiyantoputro1972@gmail.com

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 02 February, 2026

Page: 90-98

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i2.1887>

Article History:

Received: January 11, 2026

Revised: January 25, 2026

Accepted: February 05, 2026

Abstract: The use of adhesive joints in aluminum is increasingly growing as an alternative to mechanical joints due to its advantages in stress distribution, weight efficiency, and ease of fabrication. However, joint strength is significantly influenced by surface conditions and the type of adhesive used. This study aims to analyze the effect of metal surface roughness and various adhesive types on the tensile-shear strength of 6061 aluminum joints. The research method was conducted experimentally using single lap joint specimens according to ASTM D5868-95. The variations used included roughened and unroughened surfaces, as well as three types of adhesives: epoxy, polyester, and yellow glue. Tensile-shear testing was conducted using a Universal Testing Machine to obtain maximum joint strength values. The results showed that epoxy adhesive produced the highest tensile-shear strength, especially on roughened surfaces, due to a combination of strong chemical bonds and mechanical interlocking effects. Polyester demonstrated intermediate strength, while yellow glue provided the lowest strength and was less suitable for structural applications. These results confirm that adhesive selection and surface roughness treatment are key factors in improving the performance of aluminum joints in engineering applications.

Keywords: Aluminum 6061, Surface roughness, Adhesive bond

Abstrak: Penggunaan sambungan adhesive pada material aluminium semakin berkembang sebagai alternatif sambungan mekanis karena keunggulannya dalam distribusi tegangan, efisiensi berat, dan kemudahan proses fabrikasi. Namun, kekuatan sambungan sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan dan jenis adhesive yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kekasaran permukaan logam dan variasi jenis adhesive terhadap kekuatan tarik-geser sambungan aluminium 6061. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan spesimen sambungan single lap joint sesuai standar ASTM D5868-95. Variasi yang digunakan meliputi permukaan dengan kekasaran dan tanpa kekasaran, serta tiga jenis adhesive, yaitu epoksi, polyester, dan lem kuning. Pengujian tarik-geser dilakukan menggunakan Universal Testing Machine untuk memperoleh nilai kekuatan maksimum sambungan. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa adhesive epoksi menghasilkan kekuatan tarik-geser tertinggi, khususnya pada permukaan yang dikasarkan, akibat kombinasi ikatan kimia yang kuat dan efek interlocking mekanis. Polyester menunjukkan kekuatan menengah, sedangkan lem kuning memberikan kekuatan terendah dan kurang sesuai untuk aplikasi struktural. Hasil ini menegaskan bahwa pemilihan jenis adhesive dan perlakuan kekasaran permukaan merupakan faktor kunci dalam meningkatkan performa sambungan aluminium pada aplikasi teknik.

Kata Kunci : Aluminium 6061, Kekasaran permukaan, Adhesive bonding

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan salah satu logam yang paling banyak digunakan dalam berbagai bidang industri, seperti industri otomotif, perkapalan, konstruksi, dan dirgantara. Hal ini disebabkan oleh kombinasi sifat mekanik dan fisik yang dimilikinya, seperti massa jenis yang rendah, ketahanan terhadap korosi yang tinggi, serta kemudahan dalam proses pembentukan. Dalam proses perakitan komponen berbahan aluminium, teknik penyambungan memegang peranan penting untuk menghasilkan struktur yang kuat dan efisien. Salah satu metode penyambungan yang banyak dikembangkan adalah adhesive bonding, yaitu proses penyambungan dua material menggunakan perekat. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain distribusi tegangan yang lebih merata, proses perakitan yang lebih sederhana, bobot struktur yang lebih ringan, serta biaya produksi yang relatif lebih rendah dibandingkan metode konvensional seperti pengelasan atau penggunaan mur-baut (Fuadi et al., 2020).

Perkembangan penggunaan aluminium dan paduannya di dunia industri mengalami peningkatan yang sangat pesat. Aluminium tidak hanya digunakan pada peralatan rumah tangga, tetapi juga pada komponen struktural yang membutuhkan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi. Selain itu, aluminium memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik serta mampu dibentuk melalui berbagai proses manufaktur. Meskipun demikian, aluminium murni memiliki kekuatan mekanik yang relatif rendah sehingga dalam aplikasinya lebih sering digunakan dalam bentuk paduan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Penggunaan aluminium paduan memungkinkan peningkatan kekuatan, kekerasan, serta ketahanan terhadap beban tanpa menghilangkan keunggulan utamanya sebagai material ringan (Arifin, 2017).

Secara geologis, aluminium merupakan unsur logam yang paling melimpah di kerak bumi, yaitu sekitar 8% dari total massa kerak bumi. Aluminium pertama kali diidentifikasi sebagai suatu unsur oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 dan kemudian berhasil direduksi menjadi logam oleh H. C. Ørsted pada tahun 1825. Proses produksi aluminium secara komersial dilakukan melalui pengolahan bijih bauksit yang mengandung senyawa aluminium dalam bentuk kompleks. Kompleksitas senyawa aluminium dalam bauksit menyebabkan proses ekstraksi memerlukan teknologi yang berkembang melalui penelitian yang panjang hingga diperoleh metode yang ekonomis dan efisien untuk produksi aluminium dalam skala industri (Surdia & Saito, 2015).

Dalam bidang teknik penyambungan material, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan, seperti pengelasan, penggunaan mur-baut, paku keling, brazing, dan penyambungan menggunakan perekat. Metode penyambungan mekanik dan termal sering kali menimbulkan konsentrasi tegangan, penambahan berat struktur, serta perubahan sifat material akibat pengaruh panas. Berbeda dengan metode tersebut, penyambungan menggunakan adhesive tidak memerlukan proses pemanasan yang tinggi dan mampu menghasilkan distribusi tegangan yang lebih merata pada daerah sambungan. Selain itu, metode ini juga memberikan nilai estetika yang lebih baik karena tidak merusak permukaan material yang disambung.

Sambungan adhesive telah banyak digunakan pada struktur yang terbuat dari logam, komposit, maupun keramik karena mampu meningkatkan efisiensi penggunaan material serta menghasilkan tampilan sambungan yang lebih rapi. Dalam aplikasinya, kekuatan sambungan

adhesive dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis perekat, kondisi permukaan material, luas bidang sambungan, serta metode persiapan permukaan. Salah satu faktor penting yang memengaruhi kekuatan sambungan adalah perlakuan permukaan, yaitu apakah permukaan dibuat kasar atau dibiarkan tanpa pengasaran. Perlakuan ini akan memengaruhi daya lekat perekat terhadap material yang disambung (Yusep & Purnomo, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis kekuatan sambungan aluminium 6061 menggunakan metode adhesive bonding dengan variasi kondisi permukaan, yaitu permukaan yang dikasarkan dan tanpa pengasaran. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan variasi jenis perekat untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan sambungan yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik kekuatan sambungan adhesive pada aluminium 6061 serta menjadi referensi dalam pemilihan metode penyambungan yang efektif dan efisien pada aplikasi teknik.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan adalah :

1. Mengetahui pengaruh sambungan aluminium dengan permukaan dikasarkan dan tanpa dikasarkan.
2. Mengetahui variasi *adhesive* yang cocok untuk aluminium apabila di aplikasikan dalam komponen.

Manfaatnya adalah :

1. Memperoleh hasil perbandingan yang pas yang lebih ekonomis yang lebih kuat namun tidak berkurang fungsinya dengan menggunakan kekasaran dan tanpa kekasaran serta variasi adhesive ini.
2. Penelitian dapat menerapkan hasil penelitian kedalam fungsi yang bermanfaat bagi sarana prasarana manusia

Tinjauan Pustaka

Aluminium

Aluminium merupakan logam yang memiliki kekuatan relatif rendah dan bersifat lunak, namun memiliki beberapa keunggulan seperti massa jenis yang rendah, ketahanan korosi yang baik, serta konduktivitas listrik dan panas yang tinggi. Oleh karena itu, dalam penggunaannya aluminium umumnya dipadukan dengan unsur logam lain untuk membentuk aluminium paduan yang memiliki sifat mekanik lebih baik. Material ini dimanfaatkan tidak hanya untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga digunakan secara luas pada bidang industri dan konstruksi (Surdia, 2017).

Aluminium adalah logam yang ringan dengan massa jenis sekitar 2,6–2,7 g/cm³ dan berwarna putih kebiru-biruan. Logam ini memiliki sifat ulet dan mudah dibentuk, namun kekuatannya relatif rendah apabila digunakan dalam kondisi murni. Dibandingkan dengan tembaga, aluminium memiliki berat sekitar sepertiga dari berat jenis tembaga serta memiliki tahanan jenis listrik sekitar 1,25 kali lebih besar (Daryanto, 2019; Sumanto, 2015). Pada penelitian ini material yang digunakan adalah aluminium paduan 6061.

Aluminium 6061 merupakan salah satu paduan aluminium dari seri 6XXX yang paling banyak digunakan dalam aplikasi teknik. Paduan ini termasuk dalam kelompok aluminium yang dapat diperlakukan panas (*heat treatable alloy*). Unsur utama penyusunnya adalah magnesium dan silikon yang membentuk senyawa Mg₂Si sehingga mampu meningkatkan kekuatan mekanik material. Selain itu, beberapa produsen menambahkan unsur kromium dan tembaga dalam jumlah kecil untuk memperoleh sifat tertentu seperti peningkatan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi.

Ketika permukaan aluminium 6061 terpapar udara, akan terbentuk lapisan oksida aluminium (Al₂O₃) secara alami yang berfungsi sebagai lapisan pelindung terhadap korosi. Apabila lapisan ini terkelupas, maka permukaan aluminium akan segera bereaksi kembali dengan oksigen membentuk lapisan oksida baru. Fenomena ini menyebabkan aluminium 6061 memiliki ketahanan korosi yang sangat baik.

Secara fisik dan mekanik, aluminium 6061 memiliki titik lebur sekitar 660 °C, kekuatan tarik sebesar 12,6 kgf/mm², massa jenis 2,70 g/cm³, koefisien muai termal $13,1 \times 10^{-6}$ in/in/°F, serta konduktivitas termal sebesar 0,23 W/cm·°C pada suhu 25 °C (Schwartz, 1992).

Penelitian mengenai sambungan adhesive pada material komposit telah banyak dilakukan. Sugiyanto (2012) meneliti pengaruh kekasaran permukaan, ketebalan adhesive, dan jenis adhesive terhadap kekuatan geser sambungan komposit serat gelas. Komposit dibuat menggunakan metode hand lay-up dengan resin unsaturated polyester 157 BQTN dan serat gelas jenis E-glass. Pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D5868-95 menggunakan Universal Testing Machine. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kekasaran permukaan maka semakin besar kekuatan geser yang dihasilkan, di mana pada kekasaran permukaan 12,54 µm diperoleh kekuatan geser sebesar 4,37 MPa.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Sugiyanto (2013) yang mengkaji pengaruh variasi jenis sambungan terhadap kekuatan tarik dan geser komposit serat nenas dengan menggunakan adhesive epoxy. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up menggunakan resin polyester 157 BQTN. Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan tumpang (lap joint) dan sambungan lurus. Pengujian mengacu pada standar ASTM D5868-95. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan tumpang memiliki kekuatan geser dan tarik yang lebih tinggi dibandingkan sambungan lurus, terutama pada ketebalan adhesive 0,5 mm.

Alat & Bahan

a. Alat yang digunakan dalam pengujian yaitu:

- Alat uji tarik
- Jangka sorong
- Mesin bubut
- Gelas plastik dan pengaduk

b. Bahan yang di gunakan dalam pengujian yaitu:

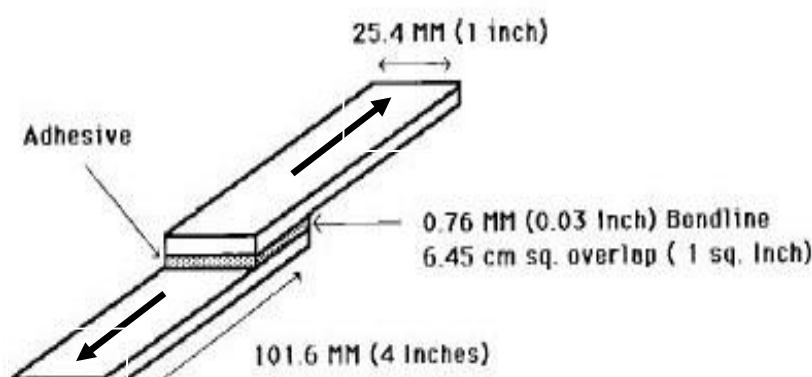
- Alumunium 6061
- Epoxy
- Polyester
- Lem Kuning

Langkah-Langkah Penyambungan alumunium

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penyambungan alumunium.
- b. Memotong alumunium sesuai dengan panjang tebal dan lebar yang telah di tentukan menggunakan gerinda dan finishing dengan mesin bubut.
- c. Membuat kekasaran pada putaran 2150 rpm dengan mata pisau 1 tuas dan tanpa kekasaran
- d. Melekatkan ke 2 sambungan alumunium dengan menggunakan perekat yang sudah di tentukan (Epoksi, Polyester, Lem Kuning)
- e. Melakukan pengujian tarik sesuai variasi perekat yang digunakan.
- f. Mencatat hasil dari setiap spesimen.

Pengujian Sambungan Alumunium - Alumunium

Sambungan ini tidak mampu menahan gaya lentur karena di bawah kekuatan seperti itu perekat akan mengalami stres pembelahan. Jika penganut terlalu tebal untuk mendesain sambungan tumpang tindih sederhana, yang dimodifikasi dapat dirancang. Sendi tersebut mengurangi efek pembelahan yang disebabkan oleh pemuatan samping. Sambungan yang digunakan adalah single lap joint. Metode pengujian Tarik disesuaikan dengan standar ASTM D5868-95. Standar geometrik spesimen pengujian tarik berukuran 101.6mm x 24.5mm x 0,76mm (P x L x T)



Gambar 1. Skema Pengujian Tarik sesuai ASTM 5868-95

Sumber : Dokumen Pribadi

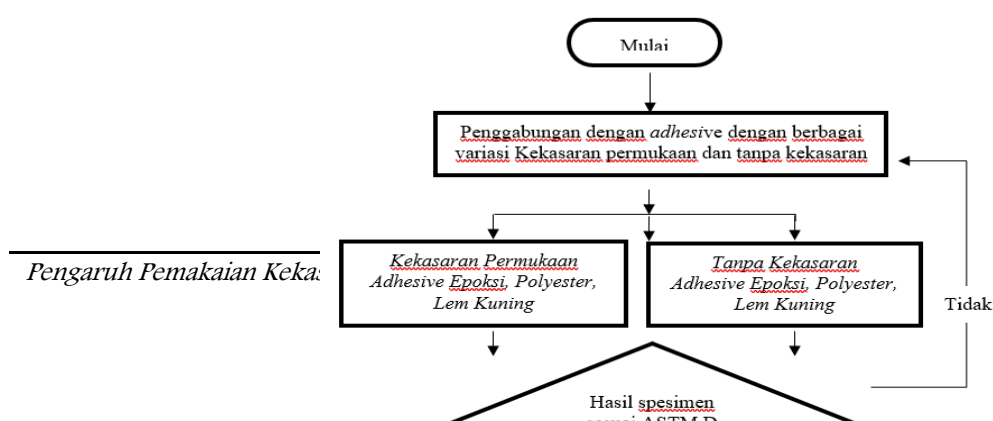
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratoris yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi kekasaran permukaan dan variasi jenis adhesive terhadap kekuatan tarik–geser sambungan aluminium 6061. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan spesimen sambungan tipe single lap joint yang mengacu pada standar ASTM D5868. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Uji Bahan Program Studi Teknik Mesin Universitas Surakarta. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kondisi permukaan aluminium yang terdiri dari permukaan tanpa pengasaran dan permukaan yang dikasarkan, serta variasi jenis perekat yang digunakan yaitu epoksi, polyester, dan lem kuning. Variabel terikat berupa kekuatan tarik–geser sambungan, sedangkan variabel kontrol meliputi jenis material, dimensi spesimen, luas bidang rekat, ketebalan perekat, waktu curing, dan metode pengujian.

Spesimen penelitian dibuat dari aluminium 6061 yang dipotong sesuai dengan dimensi standar pengujian, yaitu panjang 101,6 mm, lebar 24,5 mm, dan tebal 0,76 mm. Proses pemotongan dilakukan menggunakan gerinda potong dan dilanjutkan dengan proses finishing menggunakan mesin bubut untuk memperoleh ukuran yang presisi. Permukaan spesimen kemudian diberi perlakuan yang berbeda, yaitu tanpa pengasaran dan dengan pengasaran menggunakan mesin bubut pada putaran 2150 rpm. Sebelum proses perekatan dilakukan, permukaan spesimen dibersihkan dari kotoran, debu, dan minyak untuk meningkatkan daya lekat perekat.

Proses perekatan dilakukan dengan mencampur perekat sesuai jenisnya, kemudian mengoleskannya secara merata pada bidang sambungan. Selanjutnya, kedua spesimen disusun membentuk sambungan single lap joint dan didiamkan hingga proses curing selesai. Spesimen yang telah kering kemudian diuji menggunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk mendapatkan beban maksimum yang mampu ditahan oleh sambungan hingga terjadi kegagalan. Data beban maksimum yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung kekuatan tarik–geser sambungan.

Perhitungan kekuatan tarik–geser dilakukan dengan menggunakan persamaan tegangan geser, yaitu beban maksimum dibagi dengan luas bidang rekat. Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan cara membandingkan nilai kekuatan tarik–geser pada setiap variasi jenis perekat dan kondisi permukaan. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengetahui kecenderungan peningkatan kekuatan sambungan akibat pengaruh kekasaran permukaan dan jenis adhesive yang digunakan.



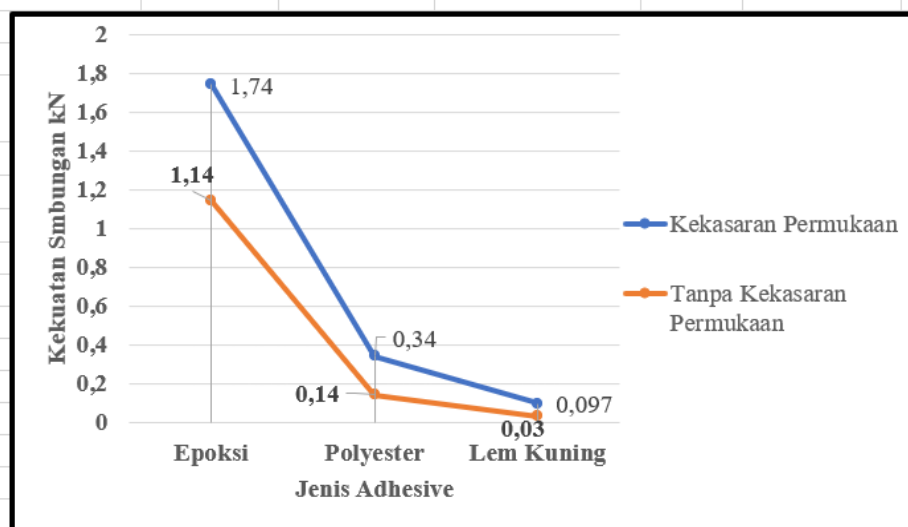
Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengujian kekuatan tarik-geser sambungan aluminium 6061 dilakukan menggunakan metode *single lap joint* sesuai standar ASTM D5868-95 dengan variasi kondisi permukaan dan jenis *adhesive*. Variasi kondisi permukaan terdiri atas permukaan tanpa perlakuan kekasaran dan permukaan yang dikasarkan menggunakan proses pembubutan pada putaran 2150 rpm. Jenis *adhesive* yang digunakan adalah epoksi, polyester, dan lem kuning. Parameter utama yang diamati adalah beban maksimum yang mampu ditahan sambungan sebelum mengalami kegagalan.

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada grafik kekuatan tarik-geser, terlihat adanya perbedaan nilai kekuatan yang signifikan pada setiap variasi perlakuan. Sambungan dengan *adhesive* epoksi pada permukaan kasar menghasilkan kekuatan tarik-geser tertinggi sebesar 1,74 kN, sedangkan pada permukaan tanpa kekasaran menghasilkan kekuatan sebesar 1,14 kN. Untuk *adhesive* polyester, kekuatan tarik-geser yang dihasilkan jauh lebih rendah, yaitu sebesar 0,34 kN pada permukaan kasar dan 0,14 kN pada permukaan tanpa kekasaran. Sementara itu, penggunaan lem kuning menghasilkan kekuatan sambungan paling rendah dibandingkan jenis *adhesive* lainnya, baik pada permukaan kasar maupun tanpa kekasaran.



Gambar 3. Grafik kekuatan tarik – geser

Sumber : Dokumen Pribadi

Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan kekasaran permukaan memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekuatan sambungan pada seluruh jenis *adhesive*. Selain itu, jenis *adhesive* juga berpengaruh besar terhadap kemampuan sambungan dalam menahan beban tarik-geser. Secara umum, urutan kekuatan sambungan dari yang tertinggi hingga terendah adalah epoksi, polyester, dan lem kuning.

Pembahasan

Peningkatan kekuatan sambungan pada permukaan yang dikasarkan menunjukkan bahwa kondisi topografi permukaan memiliki peranan penting dalam mekanisme adhesi. Permukaan yang kasar menghasilkan luas kontak efektif yang lebih besar dibandingkan permukaan halus. Selain itu, adanya profil permukaan yang tidak rata memungkinkan terjadinya *mechanical interlocking* antara *adhesive* dan substrat aluminium. Mekanisme ini meningkatkan ketahanan sambungan terhadap beban geser karena *adhesive* tidak hanya bergantung pada ikatan kimia, tetapi juga pada penguncian secara mekanis.

Pada sambungan dengan *adhesive* epoksi, peningkatan kekuatan akibat perlakuan kekasaran permukaan terlihat sangat signifikan. Hal ini disebabkan oleh karakteristik epoksi yang memiliki kemampuan *wetting* yang baik sehingga mampu mengalir dan mengisi celah-celah mikro pada permukaan aluminium yang kasar. Selain itu, epoksi memiliki ikatan kohesi yang tinggi serta mampu membentuk ikatan kimia dengan lapisan oksida aluminium yang terdapat secara alami pada permukaan aluminium 6061. Kombinasi antara ikatan kimia yang kuat dan *mechanical interlocking* menghasilkan transfer tegangan yang lebih merata pada daerah sambungan. Kondisi ini menyebabkan sambungan mampu menahan beban yang lebih besar sebelum terjadi kegagalan.

Sebaliknya, pada permukaan tanpa kekasaran, kekuatan sambungan epoksi mengalami penurunan. Permukaan yang relatif halus menyebabkan luas kontak efektif menjadi lebih kecil dan mengurangi efek penguncian mekanis. Akibatnya, tegangan yang terjadi pada daerah sambungan menjadi lebih terpusat pada satu titik tertentu sehingga mempercepat inisiasi retak dan kegagalan sambungan. Meskipun demikian, nilai kekuatan yang dihasilkan masih lebih tinggi dibandingkan jenis *adhesive* lainnya, yang menunjukkan bahwa epoksi merupakan *adhesive* struktural yang memiliki performa adhesi yang sangat baik.

Pada penggunaan *adhesive* polyester, nilai kekuatan tarik-geser yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan epoksi. Hal ini disebabkan oleh sifat polyester yang memiliki kemampuan adhesi dan kohesi yang lebih rendah. Polyester cenderung memiliki penyusutan yang lebih besar selama proses pengerasan (*curing*), sehingga dapat menimbulkan tegangan sisa pada daerah sambungan. Tegangan sisa ini berpotensi menyebabkan terbentuknya mikroretak yang akan mempercepat kegagalan saat pembebanan. Meskipun perlakuan kekasaran permukaan tetap memberikan peningkatan kekuatan, namun peningkatan tersebut tidak terlalu signifikan secara absolut karena keterbatasan sifat mekanik dari *adhesive* polyester itu sendiri.

Penggunaan lem kuning menunjukkan nilai kekuatan sambungan paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa lem kuning merupakan jenis *adhesive* non-struktural yang tidak dirancang untuk menahan beban mekanik yang tinggi. Lem kuning umumnya bekerja berdasarkan adhesi permukaan tanpa adanya ikatan kimia yang kuat dengan substrat logam. Selain itu, viskositas dan kemampuan *wetting* yang kurang baik menyebabkan lem kuning tidak mampu mengisi celah mikro pada permukaan kasar secara optimal. Akibatnya, efek *mechanical interlocking* yang dihasilkan sangat terbatas dan kekuatan sambungan menjadi rendah.

Jika ditinjau dari mekanisme kegagalan, sambungan dengan kekuatan tinggi cenderung mengalami kegagalan kohesif pada lapisan *adhesive*, sedangkan sambungan dengan kekuatan rendah lebih banyak mengalami kegagalan adhesif pada bidang antarmuka antara *adhesive* dan aluminium. Hal ini menunjukkan bahwa pada sambungan dengan epoksi, ikatan antara *adhesive* dan substrat lebih kuat dibandingkan kekuatan internal *adhesive* itu sendiri. Sebaliknya, pada polyester dan lem kuning, kegagalan lebih banyak terjadi pada antarmuka karena lemahnya daya lekat terhadap permukaan aluminium.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perlakuan kekasaran permukaan mampu meningkatkan kekuatan sambungan *adhesive* melalui

peningkatan luas kontak dan efek *mechanical interlocking*. Selain itu, pemilihan jenis *adhesive* yang tepat merupakan faktor utama dalam menentukan performa sambungan. *Adhesive* struktural seperti epoksi memiliki keunggulan dalam hal kekuatan mekanik, ketahanan terhadap beban, serta stabilitas dimensi selama proses pengerasan.

Dari sisi aplikasi teknik, penggunaan epoksi dengan perlakuan kekasaran permukaan sangat direkomendasikan untuk sambungan aluminium yang membutuhkan kekuatan tinggi dan keandalan jangka panjang. Metode ini dapat diterapkan pada struktur ringan seperti komponen otomotif, dirgantara, dan konstruksi yang memerlukan efisiensi berat tanpa mengurangi kekuatan sambungan. Sementara itu, penggunaan polyester masih memungkinkan untuk aplikasi dengan beban menengah, sedangkan lem kuning lebih cocok digunakan untuk aplikasi non-struktural yang tidak memerlukan kekuatan mekanik tinggi.

Selain faktor jenis *adhesive* dan kekasaran permukaan, terdapat beberapa faktor lain yang juga memengaruhi kekuatan sambungan, seperti ketebalan lapisan *adhesive*, tekanan selama proses perekatan, waktu pengerasan, serta kondisi lingkungan saat pengujian. Faktor-faktor tersebut belum dianalisis secara mendalam dalam penelitian ini, sehingga dapat menjadi peluang untuk penelitian selanjutnya guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai karakteristik sambungan *adhesive* pada aluminium 6061.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan performa sambungan *adhesive* tidak hanya bergantung pada jenis perekat yang digunakan, tetapi juga pada kondisi permukaan material yang akan disambung. Sinergi antara perlakuan permukaan dan pemilihan *adhesive* yang tepat mampu menghasilkan sambungan dengan kekuatan tarik-geser yang optimal dan memenuhi kebutuhan aplikasi teknik modern.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik-geser sambungan aluminium 6061 dengan variasi jenis *adhesive* dan kondisi kekasaran permukaan, dapat disimpulkan bahwa kedua parameter tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan sambungan. *Adhesive* epoksi menghasilkan nilai kekuatan tertinggi baik pada permukaan yang dikasarkan maupun tanpa perlakuan kekasaran. Hal ini menunjukkan bahwa epoksi memiliki kemampuan adhesi dan kohesi yang lebih baik dibandingkan polyester dan lem kuning, sehingga lebih mampu mentransfer beban secara merata dan menunda terjadinya kegagalan sambungan.

Perlakuan kekasaran permukaan terbukti mampu meningkatkan kekuatan sambungan pada seluruh variasi *adhesive*. Peningkatan ini terjadi karena bertambahnya luas kontak efektif antara permukaan aluminium dan perekat serta terbentuknya mekanisme *mechanical interlocking* yang memperkuat ikatan pada daerah antarmuka. Dengan adanya kekasaran permukaan, distribusi tegangan pada sambungan menjadi lebih merata sehingga kemampuan sambungan dalam menahan beban tarik-geser menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan yang tidak mengalami perlakuan.

Adhesive polyester menunjukkan performa kekuatan pada tingkat menengah dengan nilai yang lebih rendah dibandingkan epoksi dan mengalami penurunan kekuatan yang cukup signifikan terutama pada permukaan tanpa kekasaran. Sementara itu, lem kuning menghasilkan kekuatan sambungan paling rendah sehingga kurang direkomendasikan untuk aplikasi struktural yang membutuhkan kekuatan mekanik tinggi. Secara keseluruhan, kombinasi penggunaan *adhesive* epoksi dan perlakuan kekasaran permukaan merupakan metode yang paling optimal untuk menghasilkan sambungan aluminium 6061 dengan kekuatan tarik-geser yang tinggi dan lebih andal pada aplikasi teknik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asngali, B. (2015). *Peningkatan kekuatan sambungan Al/CFRP menggunakan adhesif epoksi/serbuk Al dengan variasi start time to pressure dan pressure level* (Skripsi). Universitas Sebelas Maret.
- Asngali, B. (2016). Pengaruh *pressure level* terhadap kekuatan geser sambungan *single lap joint* (SLJ) antara Al 2024 dan CFRP dengan adhesif epoksi/serbuk Al. Universitas Sebelas Maret.

- Canyurt, O. E. (2008). *The effect of design on adhesive joints of thick composite sandwich structures* (Mechanical Engineering Department, Pamukkale University).
- Dedi. (2020). Pengaruh temperatur operasi dan jenis perekat terhadap kekuatan geser sambungan rekat. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1). <https://doi.org/10.21009/jmst.v4i1>
- Dos Santos, F. M., Panzera, T. H., Bueno, A. H. S., Freire, R. T. S., & Campsey, C. (n.d.). Pengaruh perlakuan permukaan aluminium, inklusi mikro-silika ke dalam polimer epoksi dan penggunaan *washing primer* pada kekuatan geser semu sambungan *single lap joint*.
- Fuadi, R. N., Wildan, M. W., & ... (2020). Studi eksperimental pengaruh kekasaran permukaan terhadap kekuatan geser, struktur makro dan mikro pada sambungan logam aluminium dengan *adhesive bonding*.
- Hastuti, S. (2016). *Pengaruh perlakuan permukaan dan tebal adhesif terhadap kekuatan sambungan campuran silyl modified polymer-epoksi material aluminium* (Skripsi). Universitas Sebelas Maret.
- Michalec, I., & Marônek, M. (2013). Adhesive bonding of aluminium alloy A5754 by epoxy resins. Czech Technical University in Prague.
- Ramakrishnan, M. U. (2021). Analysis element approach of design of experiment to understand interaction between different joint parameters and their effects.
- Schwartz, M. M. (1984). *Composite materials handbook*. McGraw-Hill.
- Sriyanto, & Diharjo, K., & Wijang, W. R. (2012). Pengaruh variasi jenis sambungan komposit serat gelas terhadap sifat mekanik bending.
- Sugiyanto, & Wijoyo. (2013). Pengaruh variasi sambungan dari komposit serat nanas terhadap kekuatan tarik dan geser. *Prosiding Simposium Nasional RAPI XII*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sugiman. (2020). Pengaruh ketebalan perekat terhadap kekuatan sambungan baja karbon rendah dengan komposit secara perekatan di lingkungan basah. Universitas Mataram.
- Sugiarto, B., Ngafwan, & Hendrawan, M. A. (2006). Pengaruh variasi sambungan mekanik terhadap kekuatan tarik.
- Surdia, T., & Saito, S. (1995). *Pengetahuan bahan teknik*. PT Pradnya Paramita.