

## Pengaruh Variasi Ketebalan Perekat, Panjang Overlap, dan Suhu Curing Perekat Terhadap Kekuatan Geser Sambungan Perekat Aluminium

### *(Effect of the Variation of Adhesive Thickness, Overlap Length, and Curing Temperature on Shear Strength of Aluminium Adhesive Joint)*

Hasnatun Nabilah<sup>1\*</sup>, Johandi<sup>2</sup>, Muhammad Kiamudin<sup>3</sup>, Sugiman<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62, Mataram, 83125, Mataram

\*Corresponding author: hasnabilabahri@gmail.com

(Submitted: Oct 2024 / Reviewed: May 2025 / Accepted: May 2025)

#### ABSTRACT

Adhesive bonding is one of the material joining processes that is currently widely used in various industries, because it is lightweight, cheap and without machining, and is able to join two different materials. The purpose of this study was to determine the effect of joint geometry, such as adhesive thickness, adhesive overlap length, and curing temperature, on shear strength. The research materials used were aluminum alloy for adherend and Devcon Plastic Steel for adhesive. Adhesive thickness variations (0.2, 0.4, and 0.6 mm) with an overlap length of 12 mm and a curing temperature of 70 °C for 2 hours. Overlap variations (10, 15, and 20 mm) with an adhesive thickness of 0.2 mm and curing temperature of 70 °C for 2 hours. Then the curing temperature variations (30 °C for 24 hours, 50 and 70 °C for 2 hours) with an adhesive thickness of 0.2 mm and an overlap length of 12 mm. The test results show that increasing the thickness and overlap length of the adhesive results in a decrease in shear strength, while increasing the curing temperature results in an increase in the shear strength of the adhesive. The failure mode that occurred is dominated by adhesion failure.

#### Keywords:

Adhesive bonding;  
Curing;  
Overlap;  
Thickness;  
Shear strength

#### ABSTRAK

*Adhesive bonding* merupakan salah satu proses penyambungan material yang saat ini banyak digunakan di berbagai industri, karena ringan, murah dan tanpa proses permesinan, dan mampu menyambung dua material yang berbeda. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh geometri sambungan seperti ketebalan perekat, panjang overlap perekat, dan suhu curing terhadap kekuatan geser. Bahan penelitian ini menggunakan aluminium paduan dan lem Devcon Plastic Steel. Variasi ketebalan perekat (0,2; 0,4; dan 0,6 mm) dengan panjang overlap 12 mm dan suhu curing 70 °C selama 2 jam. Variasi overlap (10, 15, dan 20 mm) dengan ketebalan perekat sebesar 0,2 mm dan suhu curing 70 °C selama 2 jam. Kemudian variasi suhu curing (30 °C selama 24 jam, 50 dan 70 °C selama 2 jam) dengan ketebalan perekat 0,2 mm dan panjang overlap 12 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan dan panjang overlap perekat mengakibatkan penurunan kekuatan geser, sedangkan peningkatan suhu curing menyebabkan peningkatan kekuatan geser perekat. Mode kegagalan yang terjadi didominasi kegagalan adhesi.

#### Kata kunci:

Adhesive bonding;  
Curing;  
Kekuatan geser;  
Ketebalan;  
Overlap

## 1. Pendahuluan

Saat ini dunia industri manufaktur menggunakan berbagai metode untuk menyambung beberapa material seperti menggunakan baut, *rivet*, pengelasan, hingga *adhesive bonding* (perekatan). *Adhesive bonding* saat ini banyak sekali digunakan di berbagai industri, seperti industri kayu (misal industri kayu lapis), untuk konstruksi kayu (pembuatan glulam),

penguatan kayu dengan komposit *fiberglass*, industri mobil, industri keramik, industri elektronik, industri kertas dan penjilidan buku, pembuatan *sellotape*, dan yang paling intensif penggunaannya dalam komponen struktural adalah industri pesawat terbang (Sugiman, 2022). Proses penyambungan material dengan *adhesive bonding* dilakukan antara dua material, misal logam dengan logam, logam dengan komposit, komposit dengan komposit, logam dengan plastik, komposit dengan plastik, plastik dengan plastik, dan logam dengan keramik (Hastuti dkk., 2023). Keuntungan metode sambungan dengan perekat yaitu prosesnya cepat, tanpa proses permesinan, murah, tahan korosi, serta dapat dilakukan untuk dua material yang berbeda. Teknik pelekatan dengan perekat lebih disukai karena menghemat bahan serta mengakibatkan distribusi tegangan yang lebih merata (Pizzi & Mittal, 2017). Namun demikian, kekuatan sambungan perekat lebih rendah dibandingkan dengan sambungan las ataupun baut. Hal ini karena bahan perekat terbuat dari polimer, dimana perekat berbasis polimer juga mempunyai sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan dengan logam. Walaupun demikian desain sambungan yang tepat dengan memperhatikan geometri sambungan mampu mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian sebelumnya terkait kekuatan geser dari sebuah perekat dengan berbagai macam topik geometri seperti pengaruh ketebalan perekat, pengaruh panjang *overlap* perekat yang digunakan, hingga pengaruh suhu *curing* yang digunakan. Menurut Roskowicz dkk. (2021) untuk sambungan tipe benik (*butt joint*), peningkatan lapisan perekat cenderung menurunkan tegangan patahnya menurun secara kuasi-linier sampai pada ketebalan perekat 0,17 mm. Untuk sambungan tumpang tunggal (*single lap joint*), beban gagal meningkat dengan bertambahnya ketebalan perekat dan ada nilai optimalnya. Nilai optimal tergantung pada jenis perekat, untuk perekat getas nilai optimal beban gagal terjadi pada ketebalan perekat 0,1 mm sedangkan untuk perekat ulet beban gagal optimal terjadi pada ketebalan perekat 0,15 mm. Berdasarkan hasil penelitian Haka (2020) tentang simulasi elemen hingga pada sambungan silinder komposit tipe *single lap joint* berdasarkan variasi panjang tumpang (*overlap*) dan ketebalan silinder untuk optimasi kekuatan sambungan dan ketahanan vibrasi. Hasilnya menunjukkan bahwa ketebalan perekat dan panjang *overlap* masing-masing 2,54 mm dan 70 mm menunjukkan nilai optimal untuk kekuatan sambungan dan ketahanan vibrasi. Kadioglu dkk. (2019) juga melaporkan bahwa meningkatnya area pada *overlap* maka tegangan pada lapisan *adhesive* akan mengecil sehingga sambungan dapat menerima beban dengan displacemen yang lebih besar. Distribusi tegangan mengacu pada cara tegangan tersebar di dalam material ketika dikenai beban. Distribusi tegangan yang lebih rendah umumnya akan menyebabkan tegangan geser yang lebih rendah, karena beban tidak terpusat pada area tertentu saja. Khairandi dan Wildan (2020) meneliti tentang pengaruh suhu pada saat *curing* terhadap kekuatan geser, struktur makro dan mikro pada sambungan logam aluminium dengan *adhesive bonding* dan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan geser yang awalnya 1,76 MPa pada suhu ruang, menjadi 6,72 MPa pada suhu 120°C. Sedang Toad dan Waani (2016) melaporkan kekuatan geser meningkat dengan bertambahnya waktu *curing* sampai batas tertentu, pada suhu *curing* tetap. Penelitian mereka menggunakan variasi waktu *curing* 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, dan 135 menit dengan variasi suhu 20, 30, 40, 50, dan 60°C. Kuat geser maksimum terjadi pada suhu 60°C yaitu pada 5,48 kg/cm<sup>2</sup> pada *curing time* 90 menit. Hal ini menunjukkan bahwa waktu dan suhu *curing* optimal tidak harus terlalu tinggi dan terlalu lama.

Terdapat banyak jenis perekat yang ada di pasaran dan setiap jenis perekat mempunyai karakteristik sendiri, sehingga akan berpengaruh pada geometri yang tepat dalam menyambung material substrat. Sehingga penelitian tentang ketebalan perekat, panjang *overlap*, dan suhu *curing* terhadap perekat tersebut masih diperlukan untuk mendapatkan hasil yang maksimum. Sehingga tujuan dari *paper* ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketebalan perekat, panjang *overlap*, dan suhu *curing* pada substrat aluminium.

## 2. Metodologi

Terdapat 3 kategori pengujian geser dalam penelitian ini, yaitu pengujian geser berdasarkan variasi ketebalan perekat, variasi panjang *overlap*, dan variasi suhu *curing*. Setiap kategori mempunyai perulangan 3 spesimen. Berikut adalah ketentuan spesimen setiap kategori:

a. Variasi ketebalan perekat

Variasi ketebalan perekat yang digunakan yaitu 0,2; 0,4; dan 0,6 mm dengan panjang *overlap* sebesar 12 mm dan harus melalui *curing* pada suhu 70°C selama 2 jam.

b. Variasi panjang *overlap*

Variasi *overlap* yang digunakan yaitu 10, 15, dan 20 mm dengan ketebalan perekat sebesar 0,2 mm dan harus melalui *curing* selama 2 jam pada suhu 70°C.

c. Variasi suhu *curing*

Spesimen variasi suhu *curing* dibuat dengan ketebalan perekat sebesar 0,2 mm dan panjang *overlap* sebesar 12 mm. Variasi suhu *curing* yang digunakan yaitu 30°C (suhu kamar) selama 24 jam, 50°C selama 2 jam, dan 70°C selama 2 jam.

Proses pengujian geser dilakukan dengan alat yang bernama Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas 10 kN. Alat tersebut kemudian dihubungkan dengan software untuk merekam gaya dan simpangan saat pengujian untuk mengetahui nilai kekuatan geser dari spesimen uji. Setelah spesimen gagal, permukaan sambungan dievaluasi mode kegagalannya apakah adhesi (*interfacial*), kohesif, atau adhesi-kohesif (*campuran*).

*Adherend* (benda yang direkatkan) yang digunakan yaitu paduan aluminium 6061 dengan dimensi 100 x 20 x 2 mm. Devcon Plastic Steel dengan perekat hardner poliamin digunakan sebagai bahan perekat dan kawat tembaga berukuran 0,2; 0,4; dan 0,6 mm digunakan sebagai acuan ketebalan perekat. Perbandingan resin dan hardner yang digunakan yaitu 1:1. Proses awal pembuatan spesimen diawali dengan membersihkan permukaan aluminium yang akan direkatkan dengan aseton untuk memastikan permukaan yang akan direkatkan bersih dari air, minyak, ataupun polutan-polutan yang dapat menurunkan kualitas perekat.

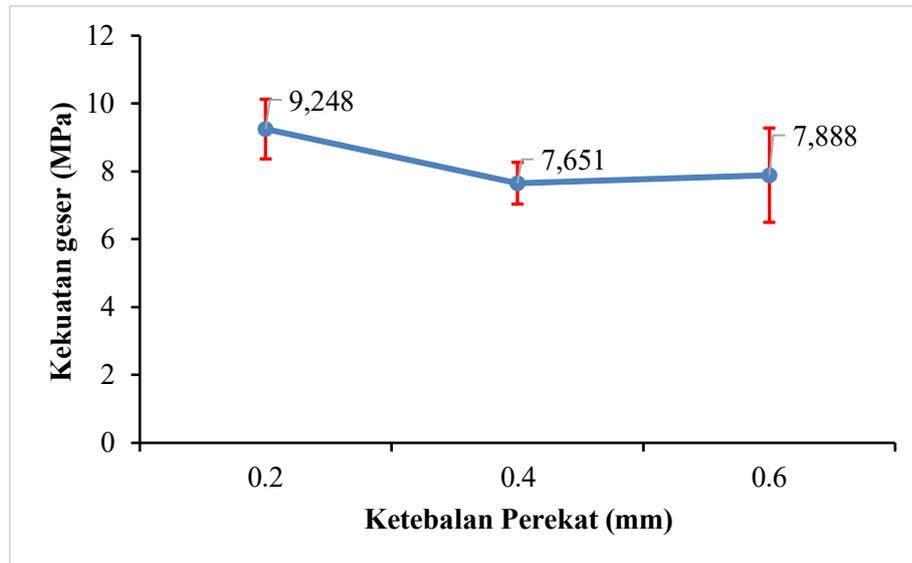
Setelah melalui proses perlakuan permukaan, perekat kemudian dioleskan pada permukaan aluminium sesuai dengan panjang *overlap* dan ketebalan yang diinginkan. Kawat tembaga yang digunakan sebagai penanda ketebalan diletakkan di ujung kiri dan ujung kanan perekat. Setelah itu aluminium disatukan dengan metode *single lap joint*. Pada proses penyatuan, perekat harus meluber untuk memastikan seluruh area *overlap* terkena perekat. Bagian yang direkatkan dijepit dengan *paper clip* untuk memastikan proses perekatannya menyatu sempurna. Sebelum masuk ke tahap *curing*, perekat dibuatkan tab di ujung spesimen yang berfungsi ketika proses pengujian geser. Proses *curing* dilakukan dengan oven yang dapat dikontrol suhu dan waktunya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Variasi ketebalan perekat

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa nilai tegangan geser tertinggi terjadi pada spesimen dengan ketebalan perekat sebesar 0,2 mm yaitu sebesar 9,248 Mpa dan cenderung menurun dengan meningkatnya ketebalan perekat sampai 0,6 mm. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Arenas dkk. (2010) dan Castagnetti dkk. (2011) yang melaporkan kekuatan geser optimum terjadi pada ketebalan perekat 0,2-0,3 mm. Perekat yang terlalu tebal juga dapat menghasilkan ketidakrataan dalam lapisan tersebut yang dapat menyebabkan distribusi tegangan yang tidak merata dan adanya penambahan cacat-cacat seperti *void*. Menurut penelitian Roskowicz dkk. (2021) peningkatan ketebalan lapisan perekat sampai 0,17 mm, nilai tegangan kegagalannya menurun secara kuasi-linier. Semakin tebal

perekat yang digunakan, maka resiko efek tepi akan semakin tinggi dan akan menimbulkan keretakan.



**Gambar 1.** Grafik hubungan ketebalan perekat dan tegangan geser



a. Ketebalan 0,2 mm



b. Ketebalan 0,4 mm



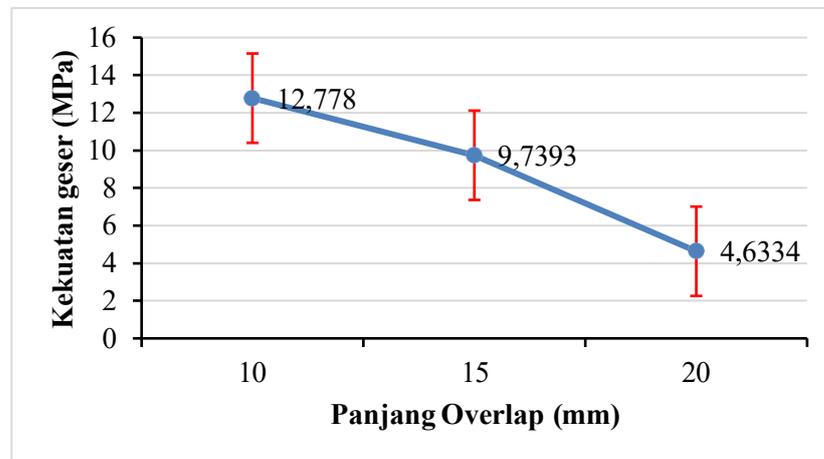
c. Ketebalan 0,6 mm

**Gambar 2.** Mode kegagalan spesimen karena pengaruh ketebalan perekat

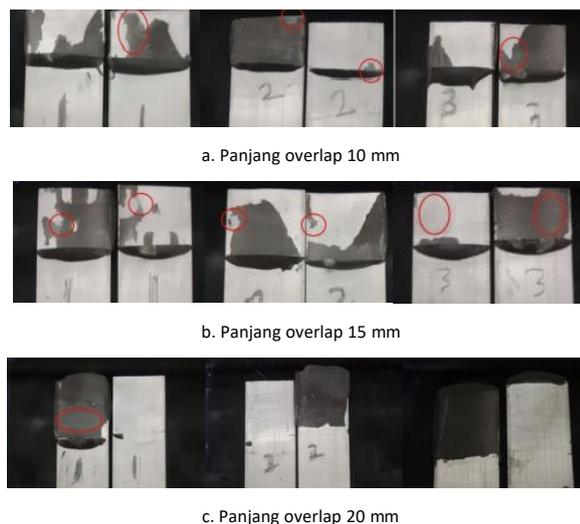
Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa mode kegagalan yang terjadi pada spesimen ketebalan perekat didominasi oleh kegagalan adhesi (interfacial). Kegagalan adhesi dapat terjadi karena perlakuan permukaan yang tidak cukup baik untuk menjamin kontak yang intim antara aluminium dengan perekat. Terdapat kegagalan kohesif dalam perekat yang terjadi di dekat substrat pada ketebalan perekat yang lebih tebal seperti pada 0,6 mm. Hal ini dapat terjadi karena perekat lebih lemah disebabkan oleh cacat akibat *void*.

### 3.2 Variasi panjang *Overlap*

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa seiring dengan peningkatan panjang *overlap*, nilai tegangan geser yang dihasilkan semakin menurun. Pada pengujian ini terlihat bahwa, spesimen dengan panjang *overlap* 10 mm memiliki nilai tegangan geser tertinggi yaitu 12,778 Mpa. Penurunan kekuatan geser terjadi karena luas area perekatan semakin luas tetapi hanya diikuti oleh peningkatan beban gagal yang tidak terlalu tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Doluk dkk. (2022) yang menyimpulkan bahwa *overlap* yang lebih pendek dapat meningkatkan kekuatan sambungan adhesif. Selain itu didukung juga oleh Ozel dkk. (2004) semakin bertambahnya panjang *overlap* maka Geometric Diffusion Coefficient (GDC) menurun. GDC adalah rasio antara luas permukaan tempat masuknya pelarut (air, kelembapan, asam, dan sebagainya) dengan volume perekat. GDC menurun artinya lebih sedikit area masuk pelarut relatif terhadap volume perekat, hal ini akan menyebabkan difusi pelarut melambat sehingga kekuatan sambungan lebih stabil terhadap degradasi lingkungan.



**Gambar 3.** Grafik hubungan tegangan geser dengan panjang *overlap* perekat

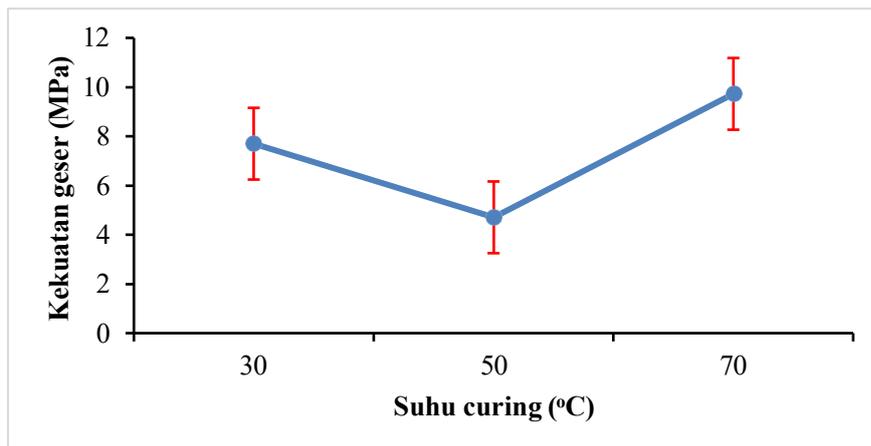


**Gambar 4.** Mode kegagalan sambungan karena panjang *overlap*

Pada Gambar 4, terlihat bahwa mode kegagalan yang terjadi adalah dominan mode kegagalan adhesi-kohesif (campuran). Terdapat beberapa mode kegagalan kohesif yang terjadi di dekat *interface*, ditunjukkan oleh lingkaran merah pada Gambar 4. Untuk panjang *overlap* 10-15 mm, kegagalan didominasi kegagalan adhesi-kohesif, tetapi untuk panjang *overlap* 20 mm, kegagalan adhesi lebih banyak mendominasi.

### 3.3 Variasi suhu *curing*

Gambar 5, menunjukkan hubungan suhu *curing* dengan kekuatan geser sambungan perekat aluminium. Kekuatan geser cenderung meningkat dengan meningkatnya suhu *curing*. Spesimen dengan variasi suhu 70°C memiliki nilai kekuatan geser yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen variasi 50°C dan suhu kamar (30°C). Hal ini karena suhu yang lebih tinggi menyebabkan reaksi kimia dalam perekat berlangsung lebih cepat, serta menurunkan viskositas perekat sehingga penetrasi ke dalam substrat lebih baik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Khairandi dan Wildan (2020) yang melaporkan bahwa sambungan logam dan aluminium dengan perekatan menunjukkan adanya peningkatan kekuatan geser seiring dengan peningkatan suhu *curing*. Rudawska (2019) juga menunjukkan adanya peningkatan sifat tarik perekat yang mengalami *curing* pada suhu tinggi setelah *curing* pada suhu kamar. Peningkatan tersebut karena reaksi *curing* pada perekat meningkat dan mencapai maksimal pada suhu tinggi dalam waktu yang relatif cepat. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh Toad dan Waani (2016) yang melaporkan adanya peningkatan kekuatan geser seiring dengan meningkatnya waktu *curing* sampai batas tertentu. Meningkatnya waktu *curing* ini juga berhubungan dengan meningkatnya derajat *curing* antara resin epoxy dan hardener sebagai penyusun perekat.



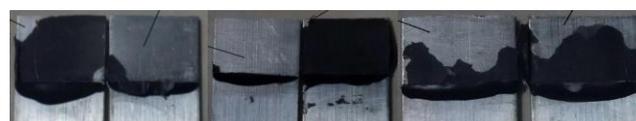
Gambar 5. Grafik hubungan kekuatan geser dengan suhu *curing*



a. Suhu curing 30 °C



b. Suhu curing 50 °C



c. Suhu curing 70 °C

Gambar 6. Mode kegagalan sambungan karena pengaruh suhu *curing*

Berdasarkan Gambar 6 diatas terlihat bahwa mode kegagalan yang terjadi dominan mode kegagalan adhesi (*interfacial*), untuk semua suhu *curing*. Peningkatan sifat tarik perekat dengan *curing* pada suhu tinggi tidak begitu berpengaruh pada mode kegagalan sambungan.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh ketebalan perekat, panjang *overlap* dan suhu *curing* sambungan perekat aluminium telah dilakukan. Secara umum dengan meningkatnya ketebalan dan panjang *overlap*, kekuatan geser sambungan semakin menurun. Tetapi *curing* pada suhu tinggi meningkatkan kekuatan geser sambungan karena peningkatan derajat *curing* dan meningkatnya sifat tarik perekat. Variasi geometri sambungan tidak terlalu mempengaruhi mode kegagalan yang terjadi. Mode kegagalan yang dominan terjadi adalah mode kegagalan adhesi (*interfacial*) pada semua spesimen.

#### 5. Referensi

- Arenas, J, M., Narbon, J, J., dan Alia, C. (2010). Optimum Adhesive Thickness in Structural Adhesives Joints Using Statistical Techniques Based on Weibull Distribution. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 30(3), 160-165. Doi:10.1016/j.ijadhadh.
- Castagnetti, D., Spaggiari, A., dan Dragoni, E. (2011). Effect of Bondline Thickness on the Static Strength of Structural Adhesives Under Nearly-Homogeneous Shear Stresses. *The Journal of Adhesion*, 87(7-8), 780-803. Doi:10.1080/00218464.2011.597309.
- Doluk, E., Rudawska, A., dan Ogrodniczek, J. (2022). Effect of Overlap Length on the Strength of Adhesive Joints of Steel Sheets. *Technologia I Automatyizacja Montazu NR 4/2022*. Doi:10.7862/tiam2022.4.1.
- Haka, B, Y. (2020). Simulasi Elemen Hingga pada Sambungan Silinder Komposit Tipe Single Lap Joint Berdasarkan Variasi Panjang Overlap dan Ketebalan Silinder Untuk Optimasi Kekuatan Sambungan dan ketahanan Vibrasi [Tesis, Institut Teknologi Sepuluh November]. Repository Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hastuti, S., Salahudin, X., Irsan, A, Z, N, dan Nurdin, A. (2023). Analisis Kekuatan Adhesive Bonding Sambungan Tumpang Tunggal Aluminium 6063 – Komposit Serta Sabut Kelapa. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 205-212.
- Kadioglu. (2019). Effect of overlap length on the strength of bolted, bonded and hybrid single lap joint with different adherend materials and thickness. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33, 2191-2206. Doi:10.1080/01694243.2019.1623966
- Khairandi, A., dan Wildan, M, W. (2020). Studi Eksperimental Pengaruh Suhu pada Saat Curing Terhadap Kekuatan Geser, Struktur Makro dan Mikro pada Sambungan Logam Aluminium dengan Adhesive Bonding [Skripsi, Universitas Gajah Mada]. Repository Universitas Gajah Mada.
- Ozel, A., Temiz, S., dan Aydin, M, D. (2005). Effect of Overlap Length on Durability of Joints Bonded with a Pressure-sensitive Adhesive. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 19(1), 57-71. Doi:10.1163/1568561053066936.
- Pizzi, A., dan Mittal, K, L. (2017). Handbook of Adhesive Technology. [e-book]. CRC Press. Doi:10.1201/9781315120942. [diakses 27 Maret 2024].
- Roskowicz, M., Godzimirski, J., Komorek, A., dan Jasztal, M. (2021). The Effect of Adhesive Layer Thickness on Joint Static Strength. *Materials*, 14(6), 1-14. Doi: 10.3390/ma14061499.
- Rudawska, A. (2019). The Influence of Curing Conditions on the Strength of Adhesive Joints. *The Journal of Adhesion*, 96(1-4), 402-422. Doi:10.1080/00218464.2019.1656615.
- Sugiman. (2022). Ilmu dan Teknologi Adhesi. Yogyakarta: Deepublish.

Toad, W., dan Waani, J, E. (2016). Kajian Pengaruh Suhu Permukaan Jalan Terhadap Kekutan Geser Track Coat pada Perkerasan Lentur. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(1), 413-423.