

## Karakteristik Sambungan *Adhesive* Substrat Polimer Pada Variasi Temperatur Menggunakan Bantuan *SolidWorks*

Ali<sup>1</sup>, Muhammad Naufal Amanullah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung  
Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124  
E-mail: <sup>1</sup>[ali@itenas.ac.id](mailto:ali@itenas.ac.id)

Submitted Date: September 25, 2023  
Revised Date: November 08, 2023

Reviewed Date: Oktober 23, 2023  
Accepted Date: November 09, 2023

### Abstract

Currently, the use of polymers has become an inseparable part of human life, for example radiators. In general, when damage occurs, the first thing to do is to glue back to the damaged area using adhesive. Joints using adhesive, one of which is a single lap joint type, this has The use of adhesive joints has advantages about temperature variations, transmits more uniform stress, resists moisture, resistance to fatigue, easy to connect different materials. This study aims to analyze the mechanical characteristics of the strength of the joints of polymer substrates in various variations using solidworks. The method used in this study is an experimental method where simulation testing using software is carried out analysis of single lap joint joints with adhesive variations, adhesives used are epoxy and acrylic, temperature variations at 50 ° C, 120 ° C, 190 ° C, and roughness variations with roughness levels of 51.17 μm and 73.93 μm. Manufacturing process and simulation testing to obtain strength from single lap joint specimens on adhesive variations, temperature variations, and roughness variations. Where the best adhesive strength in acrylic type adhesives at a temperature of 50 ° C, roughness level 73.93 μm with normal stress 57.037 MPa and shear stress 2.085 MPa As for epoxy adhesive which is best at a temperature of 50 ° C, the roughness level is 73.93 μm with a normal stress of 5.332 MPa and a shear stress of 0.160 MPa. Thus the most superior type of adhesive is acrylic adhesive, and it is also necessary to pay attention to the level of roughness and temperature at the time of application.

**Keywords:** Joint, Adhesive, Temperature, SolidWorks.

### Abstrak

Saat ini pemanfaatan polimer telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia contohnya radiator. Pada umumnya ketika terjadi kerusakan hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengelemankembali pada bidang yang mengalami kerusakan menggunakan *adhesive*. Sambungan menggunakan *adhesive* salah satunya yaitu berjenis *single lap joint*, ini memiliki penggunaan sambungan *adhesive* mempunyai kelebihan tentang variasi temperatur, menstranmisikan tegangan lebih seragam, menahan kelembaban, ketahanan terhadap fatik, mudah menyambung bahan yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik mekanik yaitu kekuatan sambungan dari pada substrat polimer pada berbagai variasi menggunakan *solidworks*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen dimana dilakukan pengujian simulasi menggunakan software dilakukan analisa tentang sambungan *single lap joint* dengan variasi *adhesive*, *adhesive* yang digunakan yaitu *epoxy* dan *acrylic*, variasi temperatur pada 50°C, 120°C, 190°C, dan variasi kekasaran dengan tingkat kekasaran 51,17 μm dan 73,93 μm. Proses pembuatan dan pengujian simulasi untuk mendapatkan kekuatan dari spesimen *single lap joint* pada variasi *adhesive*, variasi temperatur, dan variasi kekasaran. Dimana kekuatan *adhesive* yang paling baik di *adhesive* jenis *acrylic* pada temperatur 50°C, tingkat kekasaran 73,93 μm dengan tegangan normal 57,037 MPa dan tegangan geser 2,085 MPa. Sedangkan untuk *adhesive epoxy* yang paling baik pada temperatur 50°C, tingkat kekasaran 73,93 μm dengan tegangan normal 5,332 MPa dan tegangan geser 0,160 MPa. Dengan demikian jenis *adhesive* yang paling unggul adalah *adhesive acrylic*, dan perlu memperhatikan juga tingkat kekasaran dan temperturnya pada saat aplikasinya.

**Kata kunci:** Sambungan, *Adhesive*, Temperatur, *Solidworks*.

### I. Pendahuluan

Saat ini pemanfaatan polimer telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia (Ita indriana,

2015). Produk dari polimer tersebut dapat berupa penampungan air bahkan kebutuhan manufaktur seperti pada bidang otomotif contohnya radiator mobil. Dalam jurnal

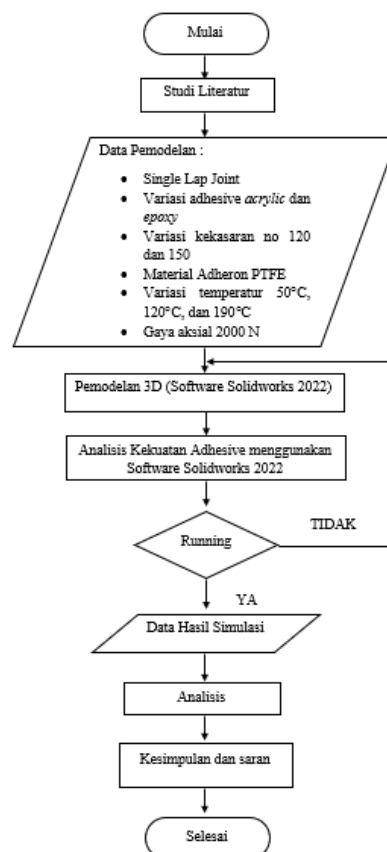
Firman gunawan mengatakan bahwa tekanan pada radiator stabil di 8 psi (0,6 bar) yang mana kalau di tabel tekanan vs suhu menunjukkan temperatur 113,56°C. Pada umumnya ketika terjadi kerusakan hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengeleman kembali pada bidang yang mengalami kerusakan menggunakan adhesive, penggunaan adhesive juga harus memperhatikan faktor dari temperatur karena memang aplikasinya untuk penggunaan temperatur tinggi. Berhubungan dengan hal tersebut pada penelitian ini akan menunjukkan keterkaitan antara variasi temperatur dengan kekuatan sambungan single lap joint menggunakan bantuan aplikasi simulator yaitu *solidworks* yang didalamnya juga digunakan pengujian berbasis FEA. Metode yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu melakukan pengujian dengan beberapa variasi temperatur (50°C, 120°C, dan 190°C), 2 variasi adhesive (epoxy dan acrylic) serta variasi kekasaran (Amplas no.120 dan 150), lalu setelah itu dilakukan pengujian

menggunakan *solidworks*. Pengujian dilakukan pada temperatur tersebut karena mengukitip program studi teknik mesin dari Universitas Medan. Rentang PTFE (polytetrafluoroethylene) yang stabil secara termal digunakan antara 275 °F dan 651 °F. Penelitian ini ditujukan agar mengetahui karakteristik sambungan *adhesive* mana yang paling baik untuk temperatur tinggi serta tingkat kekasaran seperti apa yang baik untuk melakukan penyambungan serta pengaplikasian dengan *solidworks*. Serta dikemudian hari dapat dimanfaatkan atau diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari.

## II. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yakni metode eksperimen simulasi software, dimana pelaksanaannya dimulai dari persiapan benda uji sampai proses pengujian material dilakukan, dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik sambungan *adhesive* substrat polimer pada temperatur tinggi.

### 2.1 Skema Proses



Gambar 1. Skema Proses

### 2.1.1 Studi Literatur

Proses penelitian diawal dengan studi literatur tentang adhesive *single lap joint* dari berbagai sumber untuk mendapatkan referensi.

tentang bagaimana bentuk sambungan *single lap joint*, pemilihan material *adherend*, menentukan berbagai variasi baik temperatur maupun kekasaran serta jenis *adhesive*, serta menentukan jenis pembebanannya.

### 2.1.2 Data Pemodelan

Pada tahap ini mengumpulkan data-data dari berbagai literatur

Tabel 1. Variasi yang digunakan

Variasi	Suhu (°C)	Kekasaran (µm)
1	50°C	73,93 µm
2	120°C	51,17 µm
3	190°C	

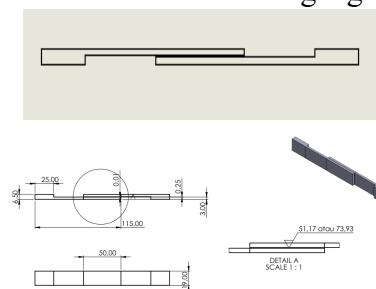
Tabel 2. Mechanical Properties

Material	PTFE	Epoxy	Acrylic
<i>Elastic Modulus (Mpa)</i>	0,49642	34,5	126
<i>Poisson's Ratio</i>	0,46	0,36	0,37
<i>Density (Kg/mm<sup>3</sup>)</i>	2159,033	136,738	1260
<i>Tensile Strength (Mpa)</i>	13	0,276	2,48
<i>Yield Strength (Mpa)</i>	0,862	1,38	12,4

### 2.1.3 Pemodelan 3D menggunakan (software *solidworks* 2022)

Pemodelan 3D digunakan software *solidworks* 2022 untuk

membuat spesimen penelitian serta untuk mensimulasikan guna mencari tegangan normal dan tegangan gesernya.



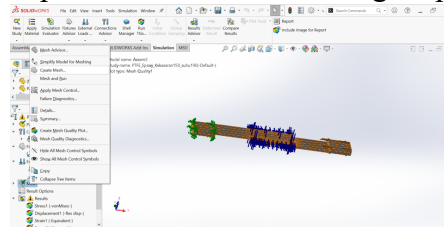
Gambar 2. Pemodelan *solidworks*

### 2.1.4 Analisis Kekuatan Adhesive menggunakan Software *Solidworks* 2022

Setelah pembentukan 3D modeling untuk disimulasikan guna mendapatkan tegangan geser

pada spesimen, kita *check* kembali apakah ada *error* pada pemodelannya atau tidak agar ketika di *run* dapat menampilkan

nilai dari tegangan normal maupun tegangan gesernya jika belum bisa menampilkan nilainya kita perbaiki di bagian pemodelannya.

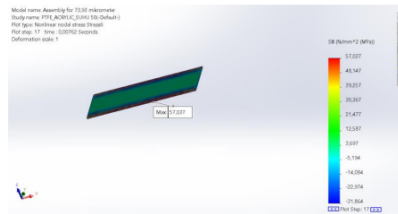


Gambar 3. Simulasi *solidworks*

### 2.1.5 Data Hasil Simulasi

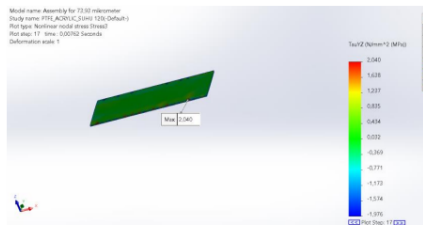
Setelah kita *run* spesimen kita bisa mendapatkan data hasil simulasi berupa nilai tegangan dan dapat juga untuk di grafikan.

a) Tegangan normal pada *adhesive acrylic* suhu 50°C



Gambar 3. Tegangan normal pada simulasi

b) Tegangan geser pada *adhesive acrylic* suhu 120°C



Gambar 4. Tegangan geser pada simulasi

Pada gambar 3 dan gambar 4 menjelaskan proses hasil simulasi menggunakan software *solidworks*.

### 2.1.6 Analisis

Setelah mendapatkan data hasil simulasi selanjutnya di analisa apakah ada *faliure* atau apakah spesimen yang kita simulasikan sudah sesuai dengan apa yang kita mau atau belum.

### 2.1.7 Kesimpulan dan Saran

Selanjutnya setelah kita melakukan analisis terhadap spesimen kita dapat memberikan/membuat kesimpulan serta saran.

## III. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan simulasi software *solidworks* pada sambungan *adhesive single lap joint* diperoleh hasil tegangan (normal dan geser).

### 3.1 Grafik tegangan normal dan geser

Dari hasil simulasi pada tabel 3 dan tabel 4 dapat kita buat grafik sebagai berikut :

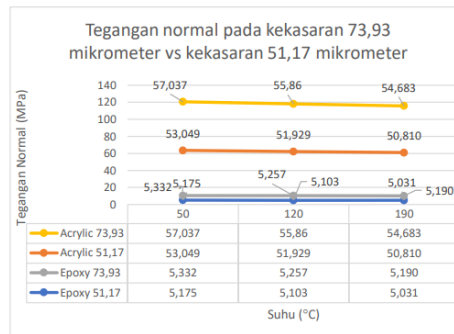
- a. Tegangan normal pada kekasaran 73,93 mikrometer vs kekasaran 51,17 mikrometer

Tabel 3. Hasil simulasi kekasaran 73,93  $\mu\text{m}$

Suhu (°C)	Nama Adhesive	$\sigma$ (Mpa)	$\tau$ (Mpa)
50	Epoxy	5,332	0,16
50	Acrylic	57,037	2,085
120	Epoxy	5,257	0,157
120	Acrylic	55,86	2,040
190	Epoxy	5,190	0,155
190	Acrylic	54,683	1,995

Tabel 4. Hasil simulasi kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$

Suhu (°C)	Nama Adhesive	$\sigma$ (Mpa)	$\tau$ (Mpa)
50	Epoxy	5,175	0,161
50	Acrylic	53,049	2,035
120	Epoxy	5,103	0,158
120	Acrylic	51,929	1,990
190	Epoxy	5,031	0,154
190	Acrylic	50,810	1,945



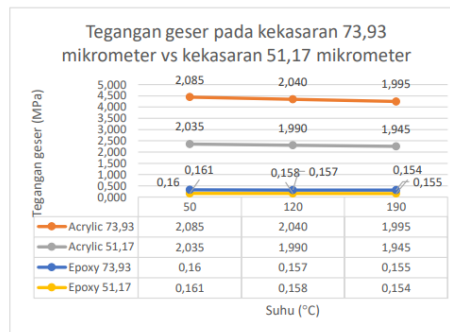
Gambar 5. Grafik tegangan normal pada suhu 50°C, 120°C, dan 190°C

Dari gambar 5 diatas spesimen pada nilai kekasaran permukaannya 73,93  $\mu\text{m}$  memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$ . Hal ini dapat dilihat hasil dari nilai tegangan normalnya pada *acrylic* 73,93  $\mu\text{m}$  (50°C, 120°C, dan 190°C) memiliki nilai rata-rata tegangan normal sebesar 55,86 MPa dibandingkan *acrylic* 51,17  $\mu\text{m}$  (50°C, 120°C, dan 190°C) memiliki nilai rata rata tegangan normal sebesar 51,93 MPa mengalami penurunan nilai rata-rata sebesar 7,05%, serta pada *epoxy* 73,93  $\mu\text{m}$  (50°C, 120°C, dan 190°C) memiliki

nilai rata-rata tegangan normal sebesar 5,26 MPa dibandingkan *epoxy* 51,17  $\mu\text{m}$  (50°C, 120°C, dan 190°C) memiliki nilai rata-rata tegangan normal sebesar 5,10 MPa mengalami penurunan nilai rata-rata sebesar 2,98%. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar nilai kekasaran (73,93  $\mu\text{m}$ ) maka semakin baik pula daya rekat *adhesive* ke permukaan adheren (Rudawska, 2021), yang mana meningkatkan juga nilai tegangan normalnya, namun berkebalikan pada semua spesimen pada nilai kekasaran permukaannya semakin kecil (51,17  $\mu\text{m}$ ) maka daya rekat

*adhesive* ke permukaan adheren akan berkurang yang menyebabkan nilai tegangan normal menjadi turun (Dieter, 1998).

b. Tegangan geser pada kekasaran 73,93 mikrometer vs kekasaran 51,17 mikrometer



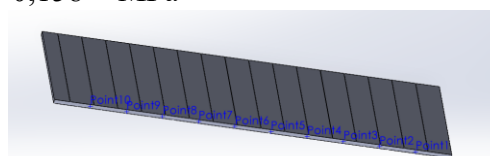
Gambar 6. Grafik tegangan geser pada suhu 50°C, 120°C, dan 190°C

Dari gambar 6 diatas bahwa hasilnya lebih besar diperoleh oleh kekasaran 73,93  $\mu\text{m}$  dibandingkan kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$ . Hal ini dapat ditunjukkan oleh hasil dan rata-rata nilai yang diperoleh dari pengujian 3 suhu yaitu 50°C, 120°C, 190°C, dimana pada spesimen *arcylic* 73,93  $\mu\text{m}$  diperoleh rata-rata 2,04 MPa. Sementara pada *arcylic* 51,17  $\mu\text{m}$  hanya diperoleh rata-rata 1,99 MPa mengalami penurunan nilai rata-rata sebesar 2,45%. Kemudian, pada spesimen *epoxy* 73,93  $\mu\text{m}$  diperoleh rata-rata 0,157 MPa. Sementara pada *epoxy* 51,17  $\mu\text{m}$  hanya diperoleh rata-rata 0,158 MPa

mengalami kenaikan 0,21%. Kedua spesimen tersebut menunjukkan hal yang sama dimana pada kekasaran 73,93  $\mu\text{m}$  diperoleh hasil yang lebih besar dibandingkan kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$  hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai temperatur maka semakin kecil juga nilai tegangan gesernya (M. D. Banea, et al., 2011). Dan nilai tegangan geser lebih kecil dari tegangan normal karena koefisien gesek (Aditya V. Natu, et al., 2019) dari permukaan PTFE kecil yaitu 0,0929.

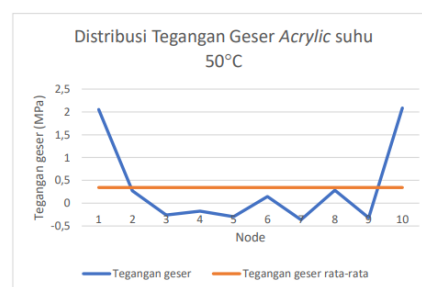
### 3.2 Distribusi tegangan

Untuk mengetahui tegangan yang terjadi di sepanjang *adhesive*



Gambar 7. Tegangan yang terjadi di sepanjang *adhesive*

a. Kekasaran permukaan 73,93  $\mu\text{m}$  *acrylic* 50°C

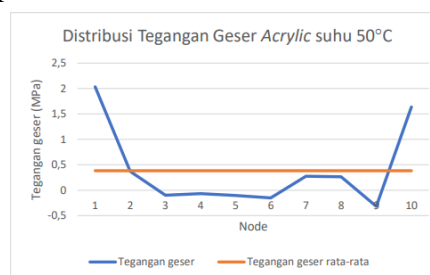


Gambar 8. Tegangan yang terjadi di sepanjang *adhesive acrylic* kekasaran 73,93  $\mu\text{m}$  temperatur 50°C

Berdasarkan Gambar 8 diatas didapatkan bahwa pada titik node 1 menghasilkan tegangan geser di sumbu xz sebesar 2,050 MPa, pada node 2 sebesar 0,272 MPa, pada node 3 sebesar -0,257 MPa, pada node 4 sebesar -0,176 MPa, pada node 5 sebesar -0,294 MPa, pada node 6 sebesar 0,145 MPa, pada node 7 sebesar -0,364 MPa, pada node 8 sebesar 0,283 MPa, pada node 9 sebesar -0,317 MPa, dan node 10 sebesar 2,085 MPa. Terjadi kenaikan dan penurunan

karena adanya variasi distribusi tegangan geser, dapat dilihat bahwa node sebelah kiri dan kanan (node 1 dan 10) memiliki nilai distribusi tegangan geser yang tinggi, sedangkan pada node bagian tengah (node 2 s.d node 9) memiliki nilai distribusi tegangan geser yang relatif rendah. Tegangan geser rata-rata ada di 0,3427 MPa (Prayogo vedi, 2022).

b. Kekasaran permukaan 51,17  $\mu\text{m}$  acrylic 50°C



Gambar 9. Tegangan yang terjadi di sepanjang adhesive acrylic kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$  temperatur 50°C

Berdasarkan Gambar 9 diatas dapat dilihat bahwa pada titik node 1 menghasilkan tegangan geser di sumbu xz sebesar 2,035 MPa, pada node 2 sebesar 0,368 MPa, pada node 3 sebesar -0,100 MPa, pada node 4 sebesar -0,067 MPa, pada node 5 sebesar -0,105 MPa, pada node 6 sebesar -0,152 MPa, pada node 7 sebesar 0,274 MPa, pada node 8 sebesar 0,266 MPa, pada node 9 sebesar -0,317 MPa, dan node 10 sebesar 1,637 MPa. Terjadi kenaikan dan penurunan karena adanya variasi distribusi tegangan geser, dapat dilihat bahwa node sebelah kiri dan kanan (node 1 dan 10) memiliki nilai distribusi tegangan geser yang tinggi, sedangkan pada node bagian tengah (node 2 s.d node 9) memiliki nilai distribusi tegangan geser yang relatif rendah. Tegangan geser rata-rata ada di 0,3839 MPa (Prayogo vedi, 2022).

#### IV. Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi software *solidworks* dengan variasi temperatur, variasi adhesive, dan variasi kekasaran permukaan diperoleh beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Penerapan variasi temperatur pada variasi adhesive, kekasaran permukaan, khususnya jenis single lap joint dapat dimodelkan menggunakan software *solidworks* 2022 dan simulasinya juga dapat dilakukan di *solidworks* 2022.
2. FEA pada *solidworks* menggunakan jenis tipe tetrahedral. Dan menggunakan total elemen 9237.
3. Kenaikan temperatur mempengaruhi nilai tegangan normal pada adhesive acrylic dan epoxy yang mana mengakibatkan penurunan rata-rata sebesar 1%-2%.
4. Kenaikan kekasaran permukaan dapat mempengaruhi nilai dari

tegangan normal pada *adhesive acrylic* dan *epoxy* dari kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$  ke 73,93  $\mu\text{m}$  mengalami kenaikan rata-rata 5%-7%

5. Kekasaran 73,93  $\mu\text{m}$  mendapatkan nilai tegangan normal ( $\sigma$ ) maksimum ada di *adhesive* jenis *acrylic* pada suhu 50°C sebesar 57,037 MPa, dan tegangan geser maksimum ada di *adhesive acrylic* di suhu 50°C sebesar 2,085 MPa.
6. Kekasaran 51,17  $\mu\text{m}$  didapatkan nilai tegangan normal ( $\sigma$ ) maksimum ada di *adhesive acrylic* di 50°C nilainya 53,049 MPa, lalu tegangan geser ( $\tau$ ) maksimum ada di *adhesive acrylic* di suhu 50°C sebesar 2,035 MPa.
7. Nilai tegangan normal ( $\sigma$ ) dan tegangan geser ( $\tau$ ) maksimum ada di *adhesive acrylic* pada suhu 50°C dengan kekasaran permukaan 73,93  $\mu\text{m}$ .

#### Daftar pustaka

- Adams, R.D. (1989). 'Strength Predictions for Lap Joints, Especially with Composite Adherends. A Review'. The Journal of Adhesion, 30(1-4): 219-242.
- Aditya V. Natu, Ankit R. Sharma, and Nitinkumar R. Anekar, "Variation of Adhesive Strength in Single Lap Joint (SLJ) with Surface Irregularities." American Journal of Mechanical Engineering, vol. 7, no. 2 (2019): 61-67.
- Ali dkk. 2022. *Analysis of variance dimension of reinforcement to stress concentration factor using finite element method*. Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung.
- Desai, Chirag et al. 2020. *Finite element analysis of single lap joint*. R.N.G. Patel Institute of Technology. India.
- Dieter, George, E, 1988, "Metalurgi Mekanik", Edisi ke 3, jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Gunawan, Firman. Wilarso. 2020. Identifikasi kerusakan tutup radiator terhadap suhu *engine* toyota kijang 5K. STT Muhammadiyah. Cileungsi.
- Sari Ita Indriana. 2015. Pemanfaatan Tepung Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Untuk Pembuatan Plastik Ramah Lingkungan (Biodegradable) Dengan Penambahan Gliserol Dari Minyak Jelantah. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- H Admadi Bambang & Arnata Wayan I. 2015. *Teknologi Polimer*. Universitas Udayana. Bali.
- M. D. Banea , F. S. M. de Sousa , L. F. M. da Silva , R. D. S. G. Campilho & A. M. Bastos de Pereira (2011) *Effects of Temperature and Loading Rate on the Mechanical Properties of a High Temperature Epoxy Adhesive*, Journal of Adhesion Science and Technology, 25:18, 2461-2474
- Prayogo, vedi. 2022. Analisis kekuatan *adhesive single lap joint* akibat konsentrasi tegangan menggunakan software ansys. Institut teknologi Nasional Bandung. Bandung.
- Rudawska, A. *Mechanical Properties of Selected Epoxy Adhesive and Adhesive Joints of Steel Sheets*. Appl. Mech. 2021, 2, 108-12
- Shaikh Sameer et al. 2017. *Single Lap Adhesive Joint (SLAJ): A Study*. Savitribai Phule Pune University. India.
- Sugiyanto, dkk. 2012. Pengaruh variasi adhesive terhadap kekuatan sambungan komposit serat gelas. UNS. Surakarta.