



SPECTA Journal of Technology

E-ISSN : 2622-9099

P-ISSN : 2549-2713

Homepage jurnal: <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>



## Kajian Kekuatan Mekanik Epoksi sebagai Adhesif Komposit *E-glass* Untuk Pesawat Tanpa Awak

Taufiq Satrio Nurtiasto<sup>1</sup>, Nurul Lailatul Muzayadah<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN, Bogor, Indonesia

<sup>2\*</sup> Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN, Bogor, Indonesia

\*Corresponding author: [nurul.lailatul@lapan.go.id](mailto:nurul.lailatul@lapan.go.id)

Received: 31/October/2020

Accepted: 23/May/2023

Revised: 1/February/2021

Published: 31/August/2023

To cite this article:

Nurtiasto, T. S., & Muzayadah, N. L. (2023). Kajian Kekuatan Mekanik Epoksi sebagai Adhesif Komposit *E-glass* Untuk Pesawat Tanpa Awak. *SPECTA Journal of Technology*, 7(2), 541 - 548. [10.35718/specta.v7i2.267](https://doi.org/10.35718/specta.v7i2.267)

### Abstract

An unmanned aircraft (UAV) is an aircraft that does not require a crew on board in its operation. This type of aircraft is widely used as a remote monitoring tool such as monitoring disaster sites, monitoring plantation areas, monitoring forests to monitoring enemy areas carried out by the military. For this reason, a study of the adhesive strength required in the connection of unmanned aircraft is needed, such as ribs, spars, skins. From the results of this study, it was found that the mechanical strength of epoxy adhesives depends on several factors such as manufacturer, epoxy content, and operating temperature. The hypothesis of the strength of the epoxy experiment results used by Pustekbang LAPAN ranged from  $2,400.4 + 190.6$  to  $9,664.2 + 1,769.6$  psi at room temperature.

*Keywords:* UAV, Adhesive Research, Epoxy

### Abstrak

*Pesawat tanpa awak (UAV) adalah pesawat terbang yang tidak memerlukan awak di dalam pesawat dalam pengoperasiannya. Pesawat jenis ini banyak dimanfaatkan sebagai alat pemantauan jarak jauh seperti pemantauan lokasi bencana, pemantauan areal perkebunan, pemantauan hutan hingga mengawasi daerah musuh yang dilakukan oleh militer. Untuk itu diperlukan kajian mengenai kekuatan adhesif yang diperlukan dalam penyambungan Pesawat tanpa awak seperti pada ribs, spar, skin. Dari hasil kajian ini diperoleh kekuatan mekanik pada adhesif epoksi tergantung oleh beberapa faktor seperti produsen, kandungan epoksi, dan temperatur operasional. Hipotesis kekuatan hasil percobaan epoksi yang digunakan Pustekbang LAPAN berkisar  $2.400,4 \pm 190,6$  hingga  $9.664,2 \pm 1.769,6$  psi pada temperatur ruang.*

*Kata Kunci:* UAV, Kajian Adhesif, Epoxy

## 1. Pendahuluan

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dalam menjalankan tugasnya memiliki empat kompetensi utama yaitu: Sains Antariksa dan Atmosfer; Teknologi Penerbangan, Roket dan Satelit; Penginderaan Jauh; Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa

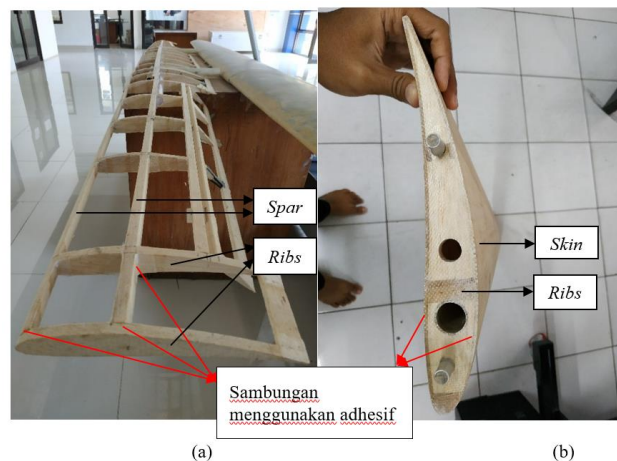
(Pustekbang, 2015). Tugas pokok Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN adalah melaksanakan penelitian, pengembangan, perekayasa, dan pemanfaatan serta penyelenggaraan keantariksaan di bidang teknologi aeronautika (LAPAN, 2015).

Saat ini kebutuhan masyarakat dan instansi dalam menggunakan pesawat tanpa awak terus meningkat. Pesawat tanpa awak adalah sebuah pesawat terbang yang tidak memerlukan awak di dalam pesawat dalam pengoperasiannya. Karena itulah pesawat jenis ini banyak dimanfaatkan sebagai alat pemantauan jarak jauh seperti pemantauan lokasi bencana, pemantauan areal perkebunan, pemantauan hutan hingga mengawasi daerah musuh yang dilakukan oleh militer (Satrio, 2016).

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan riset untuk mengembangkan pesawat tanpa awak buatan sendiri. Pada desain awal perlu dipikirkan proses manufakturnya baik dari pemilihan material, pemilihan metode pembuatan komposit yang digunakan hingga proses penyambungan antar komponennya. Dari beberapa teknologi penyambungan seperti *riveting*, *bolting* dan *welding*, adhesif merupakan teknologi yang lebih sering digunakan. Adhesif memiliki beberapa keunggulan dibandingkan teknologi penyambungan yang lain yaitu ringan, kemampuan untuk menyambungkan jenis material yang berbeda dan dengan komponen lapisan tipis, ketahanan *fatigue* yang lebih baik, ketahanan korosi yang lebih baik, proses manufakturnya murah, kemampuan menyerap energi yang tinggi serta toleransi terhadap kerusakan dapat dikendalikan (Callister & Rethswitch, 2011; Soltannia et al., 2013).

Selama ini pustekbang LAPAN banyak mengembangkan pesawat tanpa awak dari generasi pertama hingga generasi kelima. Semua pesawat tanpa awak yang dikembangkan sebagian besar menggunakan material komposit. Salah satu jenis komposit yang banyak digunakan sebagai struktur LAPAN *Surveillance* UAV (LSU) adalah *Glass Fiber Reinforced Composite* (GFRP) dengan serat *e-glass* wr185 dan matriks poliester. Dalam proses penyambungannya untuk membentuk suatu struktur LSU, digunakan adhesif seperti epoksi, sianokrilat, dan jenis lem lain yang mudah dijumpai di masyarakat seperti *epotec* dan lem korea (Abdurohman & Marta, 2017). Adhesif tidak hanya menyambungkan material yang serupa, namun dapat digunakan pula pada material yang berbeda jenis. Adhesif diharapkan memiliki nilai kekuatan tarik yang mendekati nilai kekuatan tarik dari komposit yang digunakan untuk material UAV. Kekuatan tarik komposit dengan serat *e-glass* wr185 dan matriks poliester sebesar  $195,43 \pm 42,47$  MPa atau 2834472.51 psi ( (Abdurohman & Marta, 2017).

Sebagai contoh struktur sayap LSU-02 menggunakan adhesif untuk menyambungkan bagian *spar* dengan *ribs* pada Gambar 1 (a). Sambungan ini menyambungkan kayu balsa dengan komposit. Contoh lain penggunaan adhesif yaitu pada sambungan *ribs* dengan *skin* pada sayap LSU-02 yang dapat dilihat pada Gambar 1 (b). Sambungan ini dilakukan pada material yang sama yaitu komposit.

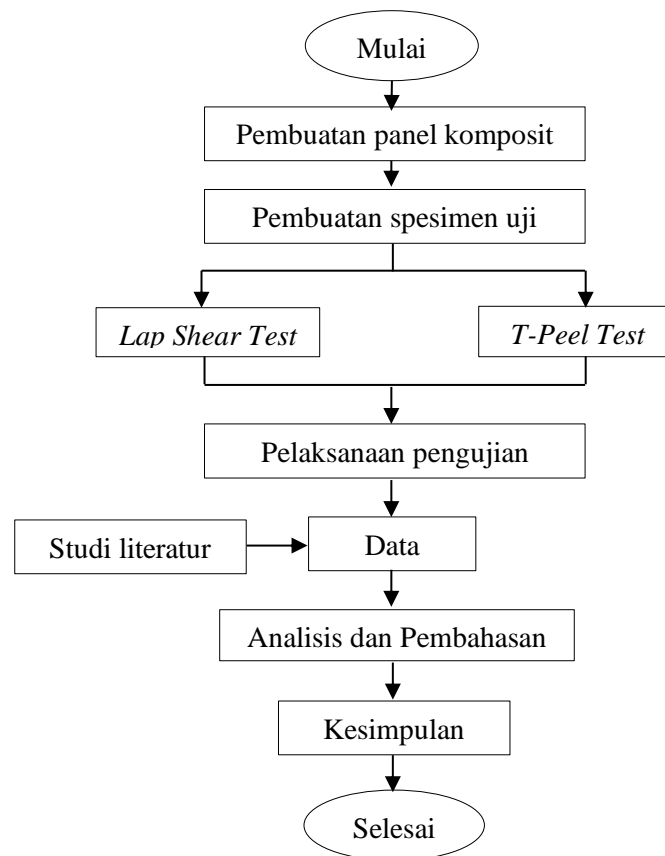


Gambar 1: Struktur pada sayap LSU-02 a) Sambungan antara spar dengan ribs menggunakan adhesif. b) Sambungan antara skin dengan ribs menggunakan adhesif.

Salah satu jenis adhesif yang digunakan di Pustekbang LAPAN adalah epoksi yang didapat dari distributor Justus. Permasalahan yang dijumpai adalah kekuatan ikatan antara epoksi dengan komposit tidak memiliki data mekanik yang seharusnya disediakan oleh produsen. Epoksi yang digunakan Pustekbang LAPAN bukan epoksi yang dikhususkan sebagai adhesif, namun epoksi yang mudah didapatkan di Indonesia dan banyak digunakan sebagai bahan pembuat komposit. Di dunia sebenarnya sudah banyak produsen yang memproduksi epoksi khusus sebagai adhesif dengan berbagai macam spesifikasi dan penggunaan yang spesifik (Cease et al., 2006). Namun epoksi produksi luar negeri relatif sulit untuk didapat dan harga relatif mahal. Karena itulah diperlukan pengujian untuk mengetahui kekuatan ikatan epoksi yang berasal dari Justus sehingga semua bahan yang digunakan dalam kegiatan manufaktur pesawat tanpa awak di Pustekbang LAPAN dapat terukur. Tujuan dilakukan kajian ini untuk memperdalam pengetahuan tentang adhesif dan mencari adhesif yang tepat untuk digunakan dalam proses manufaktur UAV.

## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari studi literatur, pengamatan dalam pembuatan struktur LSU, dan penelaahan dari *Technical Data Sheet* (TDS) yang biasa dipakai oleh Pustekbang, LAPAN.



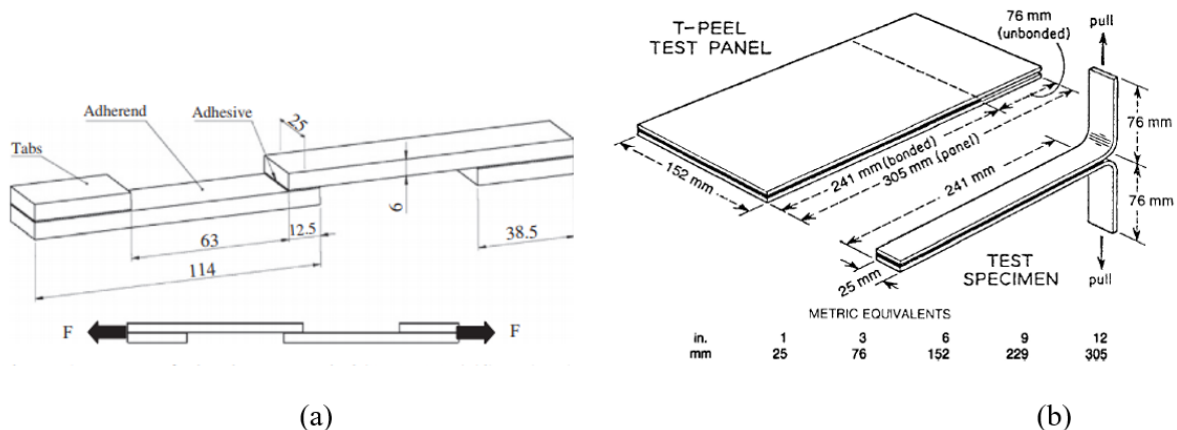
Gambar 2: Diagram Alir Penelitian

Sebelum melaksanakan penelitian, ditentukan terlebih dahulu tahapan kegiatan yang akan dilakukan. Tahapan kegiatan akan lebih jelas dilihat melalui diagram alir penelitian di Gambar 2. Dalam rancangan tahapan kegiatan akan dilakukan 2 macam pengujian yaitu *Lap Shear Test* dan *T-Peel Test*.

*Lap Shear* merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan kekuatan geser perekat untuk *material bonding* saat diuji pada spesimen sambungan satu putaran. Pengujian ini dapat diterapkan untuk menentukan kekuatan perekat, parameter persiapan permukaan dan daya tahan perekat terhadap lingkungan. Untuk pengujian berdasarkan standar ASTM D3163 untuk plastik kaku yang diikat dengan

adhesif, dua spesimen diikat bersama dengan perekat hingga proses *curing* selesai seperti yang ditentukan. Spesimen uji berukuran masing-masing 25,4 x 101,6 mm diikat bersama dengan perekat sehingga tumpang tindih cukup untuk mencegah kerusakan pada perekat, dan bukan pada substrat. Spesimen kemudian ditempatkan dalam pegangan mesin uji universal dan ditarik pada 1,3 mm / menit hingga rusak. (Gambar 3.a)

*T-Peel Test* merupakan pengujian untuk mengevaluasi gaya yang diperlukan untuk dua perekat fleksibel yang terikat. Variasi dalam persiapan spesimen uji seperti proses *curing* pada perekat, ketebalan perekat, perekat dan pengkondisian untuk optimalisasi dalam proses dan aplikasi. Untuk pengujian berdasarkan standar ASTM D1876, jepit setiap ujung spesimen *T-peel* di gengaman uji terpisah dari mesin pengujian / uji tegangan universal. Tarik spesimen dengan kecepatan 127 mm / menit untuk panjang garis ikatan. Spesimen uji dipotong dari panel *T-peel* dengan panjang 25,4 mm x lebar 300 mm. Pengujian biasa dilakukan dengan 10 spesimen. (Gambar 3.b)



Gambar 3: Bentuk sambungan pada spesimen a) *Lap Shear Test* (dimensi dalam mm)., b) *T-Peel Test* (ASTM D 3163-01, 2001; ASTM D1876 -01, 2001)

### 3. Studi Literatur

#### 3.1 Adhesif

Adhesif merupakan zat yang berfungsi mengikat permukaan 2 material solid (*adherend*). Terdapat 2 macam mekanisme ikatan yaitu secara mekanik dan kimia. Ikatan mekanik terjadi saat merembesnya adhesif pada pori-pori dan celah pada permukaan material. Sedangkan ikatan kimia meliputi gaya intermolekul pada adhesif dengan permukaan material yang terdiri dari gaya kovalen dan atau gaya van der Waals. Kekuatan ikatan gaya van der Waals dapat ditingkatkan apabila material adhesif memiliki grup polar (Callister & Rethswitch, 2011).

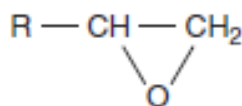
Dari sumbernya adhesif berasal dari 2 sumber yaitu alami dan buatan. Adhesif alami seperti *animal glue*, *casein*, *starch*, dan *rosin* masih digunakan di berbagai aplikasi bidang. Namun dewasa ini dikembangkan pula material adhesif berbasis polimer sintetik seperti poliuretan, silikon, epoksi, akrilik, *polymides* dan material karet. Adhesif dapat digunakan untuk menyambungkan berbagai macam material seperti logam, keramik, polimer, komposit, dll. Pemilihan adhesif yang akan digunakan berdasarkan beberapa faktor:

1. Jenis material yang akan disambungkan dan porositasnya.
2. Sifat dari adhesif (permanen atau temporer).
3. Temperatur operasional (maksimum / minimum).
4. Kondisi pemrosesan.

#### 3.2 Epoksi

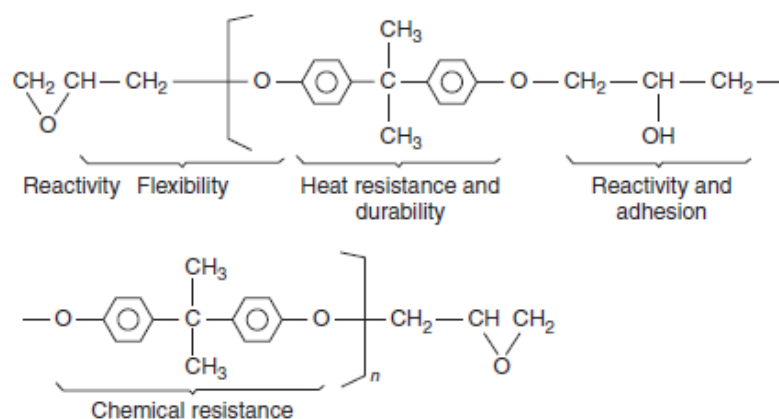
Istilah epoksi, resin epoksi, atau *epoxide* (Eropa) mengacu pada kelompok senyawa reaktif yang luas yang dicirikan oleh kehadiran oksiren atau cincin epoksi yang diwakili oleh tiga cincin yang

mengandung atom oksigen dan diikat oleh dua atom karbon yang sudah bersatu sebelumnya (Petrie, 2006).



Gambar 4: Struktur cincin epoksi atau oksiren (Petrie, 2006)

Rumus umum untuk resin epoksi dapat diwakili oleh polieter linier dengan kelompok epoksi terminal dan gugus hidroksil sekunder yang terjadi secara berkala sepanjang rantai. Struktur resin epoksi dan sifat dipengaruhi oleh berbagai kelompok kimia dan diilustrasikan pada Gambar .



Gambar 5: Struktur dan sifat dari epoksi resin (Petrie, 2006)

Epoksi adalah resin amorf yang dapat dibentuk menjadi bentuk yang lain melalui penggunaan prapolimer yang berbeda untuk mencapai transisi kaca pada kisaran temperatur 60° C hingga 250° C tergantung pada pilihan konstituennya. Sifat dari epoksi beragam mulai dari tangguh dan ulet hingga menjadi keras dan kuat. Nilai kekuatannya merupakan yang tertinggi dalam kelompok termoset, hingga mencapai lebih dari 80 MPa dan dapat mencapai dua kalinya untuk kekuatan tekan. Kekuatan tinggi dapat dikombinasikan dengan tingkat keuletan, dengan nilai *elongation-to-break* 5-10% (Gibson, 2016).

Kelompok epoksi membentuk *cross-links* melalui mekanisme kondensasi dengan beberapa sistem pengeras. Jenis amina sekunder dan asam anhidrida adalah yang paling banyak digunakan dengan katalis yang sesuai seperti boron trifluorida atau amina tersier. Epoksi dapat mempolimerisasi dirinya sendiri. Epoksi adalah termoset komersial pertama yang memungkinkan pemanjangan ikatan rantai dan *cross-linking* terjadi tanpa menghilangkan produk kondensasi seperti air. Mereka juga menunjukkan penyusutan akibat proses *curing* yang lebih rendah dibandingkan jenis termoset lainnya (Gibson, 2016).

Namun epoksi juga memiliki kekurangan terutama limitasi temperatur dalam pengoperasiannya. Polimer dapat mempertahankan kekuatan mekaniknya hanya pada temperatur yang relatif lebih rendah dan kekuatan akan berkurang secara cepat seiring meningkatnya temperatur. Temperatur maksimum pada polimer yang baru-baru ini dikembangkan sebesar 300°C. Selain itu resin epoksi sering membutuhkan formulasi khusus sehingga bahan epoksi dan pengerasnya didapat dari produsen yang berbeda (Callister & Rethswitch, 2011; Gibson, 2016).

### 3.3 Epoksi sebagai Adhesif

Istilah penting yang digunakan dalam merumuskan komposisi epoksi sebagai adhesif adalah *Epoxy Equivalent Weight* (EEW). EEW didefinisikan sebagai berat resin dalam gram yang mengandung setara dengan satu epoksi. Ketika berat molekul resin meningkat, EEW juga akan meningkat jika rantai resin diasumsikan linier tanpa cabang samping, dan diasumsikan bahwa kelompok epoksi mengakhiri setiap

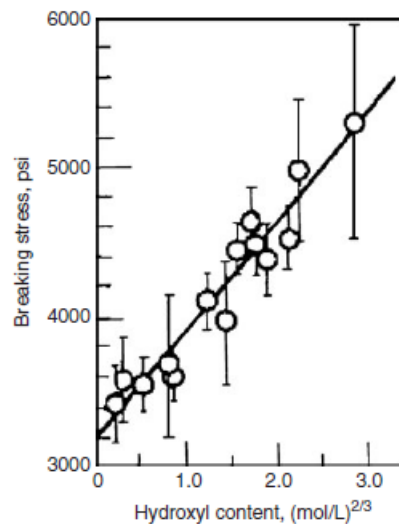
ujung molekul. Semakin tinggi berat molekul dan EEW dari resin epoksi, semakin sedikit *curing agent* yang diperlukan karena ada kelompok epoksi yang kurang fungsional per satuan berat resin (Petrie, 2006).

Ada beberapa istilah yang dapat digunakan untuk menggantikan istilah EEW seperti *Weight Per Epoxy* (WPE) dan *Epoxy Molar Mass* (EMM). Terkadang istilah *epoxy value* atau *Epoxy Group Content* (EGC) digunakan dan memiliki arti sebagian kecil dari kelompok epoksi per 100 g resin dengan satuan mili mol per kilogram (mmol/kg). Ketika EGC meningkat maka berat molekulnya menurun.

$$EEW = EMM = WPE = \frac{10^6}{EGC} \quad (1)$$

Sebagian besar resin epoksi yang digunakan sebagai adhesif memiliki nilai EEW dikisaran 180 hingga 3200, sesuai dengan rentang berat molekul dari 250 hingga 3750. Berlaku sama untuk resin epoksi yang telah mengalami reaksi kimia atau hasil modifikasi yang digunakan sebagai dasar dari resin dalam formulasi adhesif (Petrie, 2006).

Berat ekuivalen hidroksil adalah berat dari resin yang mengandung setara dengan satu gugus hidroksil, dan dapat juga dinyatakan sebagai ekuivalen per 100 g. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa kandungan hidroksil sangat mempengaruhi sifat adhesif dari resin epoksi. Hasil ini dapat dijelaskan oleh karakter kutub dari gugus hidroksil. Gambar menunjukkan hubungan antara kekuatan adhesif dan kandungan hidroksil pada serangkaian ikatan resin epoksi pada substrat baja stainless (Cease et al., 2006; Petrie, 2006). Semakin banyak kandungan hidroksil maka semakin tinggi pula kekuatan adhesif.



Gambar 6: Hubungan antara kekuatan adhesif pada resin epoksi terhadap kandungan hidroksil (Petrie, 2006)

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan literatur, terdapat 3 jenis epoksi yang telah dilakukan salah satu pengujian mekanik yaitu pengujian tarik pada temperatur tertentu. Epoksi yang dilakukan pengujian tarik yaitu Hysol 9361, Tra-Con F113, dan Epotek 301-2. Pengujian dilakukan pada temperatur ruang, temperatur 100 K, 150 K, 200 K, dan 250 K (Cease et al., 2006). Hasil dari uji tarik yang dilakukan pada masing-masing temperatur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Kekuatan epoksi pada temperatur ruang (298 K), 100 K, 150 K, 200 K, dan 250 K (Cease et al., 2006)

Epoksi	Ultimate Tensile Strenght (psi)
--------	---------------------------------

	100 K	150 K	200 K	250 K	Temperatur ruang (298 K)
Hysol 9361	4.225 ± 201	4.641 ± 79	3.912 ± 84	1.736 ± 35	2.400,4 ± 190,6
Tra-Con F113	7.092 ± 649	5.983 ± 264	4.272 ± 198	3.527 ± 120	4.798,2 ± 569,1
Epotek 301-2	6.783 ± 162	5.681 ± 106	4.471 ± 99	4.115 ± 79	9.664,2 ± 1769,6

Dari Tabel 1 tampak bahwa epoksi jenis Hysol 9361 pada temperatur ruang memiliki kekuatan 2.400,4 ± 190,6 psi mengalami penurunan kekuatan pada temperatur 250 K menjadi 1.736 ± 35 psi, kemudian naik hingga mencapai kekuatan tertinggi pada temperatur 150 K sebesar 4.641 ± 79 psi. Pada temperatur 100 K kekuatan mengalami sedikit penurunan menjadi 4.225 ± 201 psi. Epoksi jenis Tra-Con F113 pada temperatur ruang memiliki kekuatan 4.798,2 ± 569,1 psi mengalami penurunan kekuatan pada temperatur 250 K menjadi 3.527 ± 120 psi, kemudian perlahan naik hingga mencapai kekuatan tertinggi pada temperatur 100 K sebesar 7.092 ± 649 psi. Epoksi jenis Epotek 301-2 pada temperatur ruang memiliki kekuatan 9.664,2 ± 1769,6 psi mengalami penurunan kekuatan pada temperatur 250 K menjadi 4.115 ± 79 psi, kemudian perlahan naik hingga mencapai temperatur 100 K sebesar 6.783 ± 162 psi. Epoksi jenis ini memiliki kekuatan tertinggi pada temperatur ruang. Dari data diatas tampak bahwa kekuatan suatu epoksi sebagai adesif juga dipengaruhi oleh temperatur operasional.

Epoksi sebagai adhesif memiliki kekuatan mekanik yang berbeda-beda tergantung dari produsen, kandungan epoksi, dan temperatur operasional. Modifikasi yang dapat dilakukan pada epoksi agar memiliki sifat yang diinginkan yaitu merubah ikatan struktur pada rantai epoksi dan menambahkan zat aditif. Zat aditif adalah zat yang sengaja ditambahkan pada polimer untuk keperluan tertentu seperti antioksidan agar polimer tidak mudah teroksidasi oleh lingkungan, *heat stabilizer* untuk menjaga polimer tetap stabil pada temperatur tinggi, anti-uv untuk mencegah degradasi polimer akibat sinar ultraviolet, dll (Steppek & Daoust, 1983). Variasi fraksi volume *hardener* dengan resin epoksi juga memiliki pengaruh terhadap kekuatan mekanik dari epoksi. Nilai uji tarik yang dihasilkan semakin meningkat bilamana jumlah fraksi volume *hardener* meningkat. Nilai uji tarik meningkat dikarenakan penambahan *hardener* menghasilkan ikatan C=O (ester) dan C=C (cincin aromatik) pada epoksi (Rahayu & Siahaan, 2018).

Dalam *Technical Data Sheet* (TDS) yang dilampirkan oleh produsen epoksi Hysol 9361 menyebutkan bahwa pada temperatur ruang memiliki kekuatan ikatan 3.500 psi (Henkel Corporation, n.d.). Pada epoksi Tra-Con F113 pada temperatur ruang memiliki kekuatan ikatan 2.700 psi (Emerson & Cuming, 2009) dan pada epoksi Epotek 301-2 pada temperatur ruang memiliki kekuatan ikatan 2.000 psi (Epoxy Technology, n.d.).

Literatur lain yang menjelaskan kekuatan mekanik dari epoksi pernah dilakukan oleh Pustekbang LAPAN. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengujian pada epoksi tipe BQTN-EX 157. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik resin apabila digunakan sebagai matriks pada komposit. Penelitian menggunakan ASTM D 638 dan menghasilkan kekuatan mekanik 56,295 MPa atau 8.164,90 psi (Rahayu & Siahaan, 2018). Hasil ini memiliki sedikit perbedaan apabila epoksi yang sama digunakan sebagai adhesif karena standar pengujian yang berbeda serta adanya reaksi antara epoksi dengan komposit *e-glass* wr185/poliester.

Berdasarkan beberapa literatur diatas dan TDS epoksi yang dikeluarkan oleh masing-masing produsen maka dapat ditarik hipotesis kekuatan hasil percobaan epoksi yang digunakan Pustekbang LAPAN berkisar 2.400,4 ± 190,6 hingga 9.664,2 ± 1.769,6 psi pada temperatur ruang. Hasil dari pengujian di temperatur ruang diambil karena kondisi laboratorium di Pustekbang LAPAN sudah diatur pada temperatur 23-26<sup>0</sup> C. Kekuatan epoksi yang digunakan Pustekbang LAPAN berkisar 2.400,4 ± 190,6 hingga 9.664,2 ± 1.769,6 psi karena pada dasarnya setiap epoksi memiliki rantai ikatan yang sama sehingga hasil kekuatan mekanik tidak terlalu jauh dengan hasil percobaan dari TDS dan literatur.

Perbedaan kekuatan terjadi karena perbedaan viskositas dan *thermal expansion* dari masing masing epoksi.

Berdasarkan *Technology Readiness Level* (TRL), prediksi apabila penelitian ini dilakukan akan masuk dalam skala 2. Dalam studi literatur telah banyak dilakukan pengujian yang serupa sehingga metodologi yang akan digunakan dapat mengambil dan memodifikasi metodologi yang sudah ada di literatur. Selain itu tahapan eksperimen dilakukan berdasarkan standar ASTM sehingga data yang dihasilkan valid. Hasil dari pengujian sudah dapat diprediksi karena penelitian sejenis telah dilakukan. Setelah diketahui hasilnya, selanjutnya dapat dibuatkan model dan simulasi dalam suatu struktur pesawat tanpa awak dengan menambahkan data pendukung lainnya (Indikator Pengukuran TKT, 2016).

## 5. Kesimpulan

Kekuatan mekanik pada adhesif epoksi tergantung oleh beberapa faktor seperti produsen, kandungan epoksi, dan temperatur operasional. Hipotesis kekuatan hasil percobaan epoksi yang digunakan Pustekbang LAPAN berkisar  $2.400,4 \pm 190,6$  hingga  $9.664,2 \pm 1.769,6$  psi pada temperatur ruang. Dari nilai kuat tarik adhesif yang didapat, masih jauh dibawah nilai kekuatan tarik komposit dengan serat *e-glass* wr185 dan matriks poliester sebesar  $195,43 \pm 42,47$  MPa atau 2834472.51 psi.

## Acknowledgments

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Agus Aribowo selaku Kepala Bidang Progfis dan Bapak Gunawan Prabowo selaku Kepala Pusat Teknologi Penerbangan-LAPAN, Bapak Ir Atik Bintoro MT, Bapak Dr. Mabe Siahaan yang merupakan Tim Majelis Peneliti Utama yang mengajarkan dalam pembuatan Karya Tulis Ilmiah dan telah mendukung kegiatan ini, Kepada Ibu Novita Atmasari yang telah membantu dalam pengeditan naskah. Terimakasih juga kami ucapkan kepada seluruh tim laboratorium Aerostruktur Pustekbang-LAPAN.

## Referensi

- Abdurohman, K., & Marta, A. (2017). Tensile Properties Komposit Serat E-Glass Hasil Vacuum Infusion sebagai Material Struktur LSU (LAPAN Surveillance UAV). *Seminar Nasional Iptek Penerbangan Dan Antariksa XXI-2017*.
- ASTM D 3163-01. (2001). Standard Test Method for Determining Strength of Adhesively Bonded Rigid Plastic Lap-Shear Joints in Shear by Tension Loading. *Standards*.
- ASTM D1876 -01. (2001). Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test). *D 1876 - 01*.
- Callister, W. ., & Rethswitch, D. . (2011). *Material Science and Engineering (8th. Ed)*.
- Cease, H., Derwent, P. F., Diehl, H. T., Fast, J., & Finley, D. (2006). Measurement of mechanical properties of three epoxy adhesives at cryogenic temperatures for CCD construction. *Fermilab-TM-2366-A*.
- Emerson & Cuming. (2009). *Tra-Bond F113SC Technical Data Sheet*.
- Epoxy Technology. (n.d.). *Epo-Tek 301-2 Technical Data Sheet*.
- Gibson, G. (2016). Chapter 27-Epoxy Resins. *Brydson's Plastics Materials: Eighth Edition*.
- Henkel Corporation. (n.d.). *Henkel HysolR EA 9361 Epoxy Paste Adhesive Technical Data Sheet*.
- Indikator Pengukuran TKT, Pub. L. No. PERDIRJEN PENGUATAN RISBANG NO. 603/E1.2/2016 (2016). [https://www.usd.ac.id/lembaga/lppm/f113/2017/Materi sosialisasi panduan XI/TKT Indikator.pdf](https://www.usd.ac.id/lembaga/lppm/f113/2017/Materi%20sosialisasi%20panduan%20XI/TKT%20Indikator.pdf)
- LAPAN. (2015). *Rencana Strategis LAPAN 2015-2019*.
- Petrie, E. M. (2006). Epoxy Curing Agents and Catalysts. In *Epoxy Adhesive Formulations*.
- Pustekbang. (2015). *Rencana Strategis Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN 2015-2019*.
- Rahayu, S., & Siahaan, M. (2018). Karakteristik Raw Material Epoxy Resin Tipe BQTN-EX 157 Yang Digunakan Sebagai Materik Pada Komposit. *Jurnal Teknologi Dirgantara*.
- Satrio, M. (2016). *Proses Manufaktur Pesawat Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) dengan Material Komposit untuk Misi Pemantauan Bencana*. Universitas Gadjah Mada.
- Soltannia, B., Ahmadi-Moghadam, B., & Taheri, F. (2013). Influence of tensile impact and strain rate on the response of adhesively bonded single lap joints. *ICCM International Conferences on Composite Materials*.
- Stepek, J., & Daoust, H. (1983). *Polymers Properties and Applications 5: Additives for Plastics*. Springer.