



Jurnal Artikel

Analisis Variasi Tipe Sambungan Pada Material Komposit Dengan Serat Sintesis

Bagus Bimantoro^{1*}, Ratna Dewi Anjani², Kardiman³

¹Universitas Singaperbangsa Karawang

²Universitas Singaperbangsa Karawang

³Universitas Singaperbangsa Karawang

bagusbimantoro197@gmail.com

*Corresponding author – Email : Bagusbimantoro197@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini fokus pada penerapan material komposit GFRP dengan sambungan mekanik dan adhesive bonding dalam industri transportasi. Material komposit ini, yang memiliki bobot ringan dan biaya terjangkau, umumnya digunakan pada komponen interior maupun eksterior. Sambungan mekanik, seperti mur dan baut, menjadi alternatif dengan perlakuan permukaan minimal dan pemeriksaan mudah, sedangkan adhesive bonding cocok untuk komponen ringan dan estetis. Pengujian melibatkan uji kekasaran, analisis scanning electron microscope (SEM) untuk evaluasi adhesive bonding, dan uji geser pada spesimen dengan variasi kekasaran. Temuan menunjukkan bahwa kekasaran permukaan berpengaruh pada kekuatan sambungan adhesive bonding, sementara sambungan mekanik dengan mur dan baut lebih efektif pada kekasaran rendah.

Kata Kunci: adhesive bonding, baut, GFRP, mur, sambungan.

Abstract

This study focuses on the application of GFRP composite material with mechanical and adhesive bonding connections in the transportation industry. This composite material, known for its lightweight and cost-effectiveness, is commonly used in both interior and exterior components. Mechanical connections, such as bolts and nuts, offer an alternative with minimal surface treatment and easy inspection, while adhesive bonding is suitable for lightweight and aesthetic components. The testing involves roughness testing, scanning electron microscope (SEM) analysis for adhesive bonding evaluation, and shear testing on specimens with varying levels of roughness. Findings indicate that surface roughness affects the strength of adhesive bonding connections, whereas mechanical connections with bolts and nuts are more effective at low roughness levels.

Keywords: adhesive bonding, bolts, GFRP, nuts, connections

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini telah menghasilkan kemajuan signifikan dalam bidang material, khususnya logam dan non-logam. Walaupun material logam telah lama mendominasi industri, beberapa sifatnya belum memenuhi standar industri. Material berpenguat serat, seperti glass fiber reinforced polymer (GFRP), muncul sebagai alternatif karena memiliki bobot lebih ringan, kemampuan membentuk

yang baik, dan keberadaan yang melimpah.

Dalam aplikasi industri, khususnya dalam transportasi, faktor bobot struktural menjadi krusial. Industri transportasi semakin tertarik pada material komposit, seperti GFRP, yang menawarkan kekuatan tinggi, kepadatan rendah, dan modulus yang baik. Selain itu, metode sambungan juga penting dalam pembuatan struktur komposit. Sambungan mekanik dan adhesive bonding adalah dua pendekatan

umum, masing-masing dengan kelebihan dan kelemahan yang perlu diperhatikan dengan cermat. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah potensial yang terkait dengan sambungan dalam material komposit berserat sintetis, dengan fokus pada pengujian serat kaca sintetis menggunakan sambungan mekanik tipe single lap dan adhesive bonding Sikaflex 221 sesuai standar ASTM D5868.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian merupakan metode dalam menganalisa data dalam penelitian untuk mencapai hipotesa penelitian. Penelitian eksperimental menjadi metode yang digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui nilai kekuatan geser pada material komposit *glass fibre reinforced polymer* melalui dua jenis sambungan yang digunakan yaitu *adhesive bonding* serta penggunaan mur dan baut pada material komposit. Parameter pengujian ini mengacu pada sifat mekanik berdasarkan nilai uji geser yang dipengaruhi oleh jenis sambungan dan kekasaran permukaan pada spesimen komposit yang disambungkan satu sama lain menggunakan *bonding Sikaflex 252* dan spesimen lainnya menggunakan mur dan baut. Dimana sambungan tersebut memiliki potensi kerusakan salah satunya konsentrasi tegangan di sekitar lubang yang dapat menyebabkan terjadinya kelonggaran di sekitar lubang akibat beban yang statis mau pun dinamis.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian perlu diagendakan dengan segala kesiapan seluruh aspek penelitian, begitu juga dengan pemilihan tempat penelitian yang mendukung sebagai fasilitas penelitian. Maka dari itu waktu dan tempat penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1 Tempat :PT. INKA Multi Solusi
- . Penelitian I :Observasi spesimen *glass fibre reinforced polymer*
- Agenda

Penelitian I

- 2 Tempat :Lab. Fakultas Teknik
- . Penelitian II UNSIKA

Agenda :Pembuatan spesimen
Penelitian II

- 3 Tempat :PT Dirgantara bandung
- . Penelitian III :Uji Kekasaran Permukaan

Agenda
Penelitian III

- 4 Tempat :PT Dirgantara Bandung
- . Penelitian IV :Uji Geser

Agenda
Penelitian IV

- 5 Tempat :Politeknik Manufaktur
- . Penelitian V Bandung

Agenda :Foto *Scanning Electron*
Penelitian V *Microscope*

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur pengujian dilakukan guna memperoleh hasil penelitian yang valid, sehingga dalam penelitian diperlukan standar yang berlaku dalam sebuah penelitian. Berikut langkah pengujian dan standar pengujian yang digunakan pada penelitian ini:

2.3.1 Standar Pengujian

Pengujian ini menggunakan uji geser dengan standar yang digunakan adalah ASTM D5868 untuk spesimen yang disambungkan menggunakan *adhesive bonding*, sedangkan untuk spesimen yang disambungkan menggunakan mur dan baut menggunakan standar ASTM D5961

2.3.2 Klasifikasi Data Spesimen

Penelitian ini menggunakan dua jenis spesimen dengan jenis sambungan yang berbeda, serat yang digunakan yaitu serat kaca. Persentase bahan yang digunakan pada semua spesimen disamakan guna mendapatkan hasil pengujian yang setara berdasarkan perbandingan komposisi pertiap bahan, fraksi volume pada serat sebesar 50% dan matriks sebesar 50%.

	Jenis Sambungan	Rata-Rata Kekasaran	Hasil Uji Geser
A1	<i>Adhesive bonding</i>		
A2	<i>Adhesive bonding</i>		
A3	<i>Adhesive bonding</i>		
B1	Mur dan Baut		
B2	Mur dan Baut		
B3	Mur dan Baut		

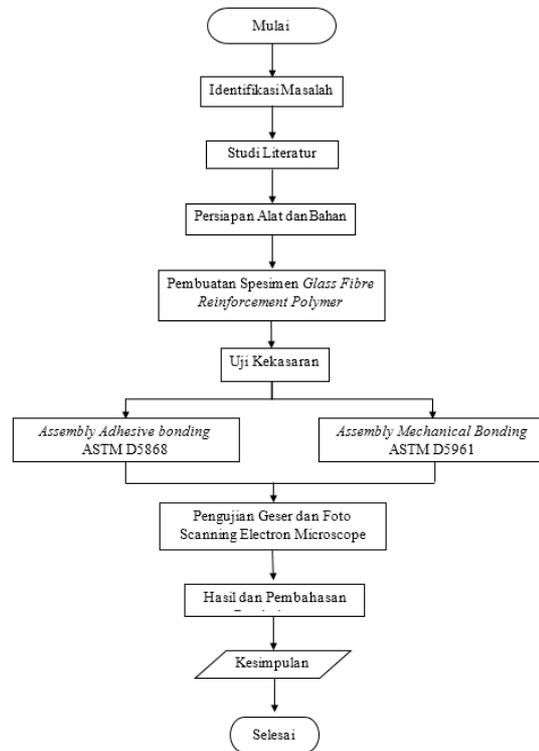
2.4 Langkah Pengujian

Langkah pengujian spesimen uji tarik untuk mengetahui ketahanan spesimen dalam menahan beban statis, sehingga outputnya dapat diketahui kekuatan dan elastisitas spesimen yang diuji. Berikut langkah pengujian uji tarik:

1. Beri label setiap spesimen sesuai variable yang digunakan
2. Foto setiap spesimen sebelum pengujian
3. Sambungkan setiap spesimen berdasarkan urutan kekasaran dan standar ASTM yang digunakan (ASTM D5868 untuk *adhesive bonding* dan ASTM D5961 untuk sambungan mur dan baut)
4. Pasang spesimen pada mesin uji tarik
5. Operasikan mesin uji tarik hingga spesimen mencapai titik luluh
6. Catat hasil pengujian masing-masing spesimen

2.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir sebagai gambaran langkah-langkah pada metode penelitian ini. Berikut gambaran proses yang akan dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Cetak Spesimen Uji

Pada hasil cetak spesimen uji komposit serat gelas dengan matrik *unsaturated polyester*. Gambar 4.1 adalah spesimen komposit serat kaca dengan standar pengujian ASTM D5868 yang disambungkan menggunakan *adhesive bonding*.



Gambar 3.1 Spesimen uji dengan standar ASTM D5868.

Sedangkan pada gambar 4.2 adalah spesimen komposit serat kaca dengan standar pengujian ASTM D961 yang disambungkan menggunakan mur dan baut dengan diameter 6mm sesuai standar yang berlaku.



Gambar 3.2 Spesimen uji dengan standar ASTM D5961

Fraksi Volume pada kedua buah spesimen sebesar 50% pada serat kaca, dan matriks sebesar 50%

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan tiga jenis pengujian guna menganalisa faktor kerusakan dan faktor kekuatan setiap spesimen. Terdapat dua non destructive test yaitu uji kekasaran (*roughness test*) dan *scanning electrone microscope* serta satu *destructive test* yaitu uji geser (*shear test*).

3.3 Roughness Test (Uji Kekasaran)

Uji kekasaran dilakukan pada spesimen uji baik standar ASTM D5868 atau pun ASTM D5961 guna menganalisa faktor kegagalan dan kerusakan yang diakibatkan oleh tekstur permukaan spesimen pengujian. Dari hasil pengujian kekasaran yang menggunakan alat *Surtronic 3P* dapat dilihat pada tabel 4.1 untuk standar pengujian ASTM D5868 dan tabel 4.2 untuk standar pengujian ASTM D5961.

Tabel 3. 1 Hasil *roughness test* pada spesimen dengan standar ASTM D5868

Kode Spesimen	Nilai Rmax
X1	16,32 µm
X2	37,49 µm
X3	24,19 µm
X4	18,76 µm
X5	38,21 µm

X6	16,46 µm
X7	31,22 µm
X8	23,52 µm
Rata-rata	25,77 µm

Tabel 3. 2 Hasil *roughness test* pada spesimen dengan standar ASTM D5961

Kode Spesimen	Nilai Rmax
Y1	34,76 µm
Y2	34,08 µm
Y3	25,21 µm
Y4	20,22 µm
Y5	32,43 µm
Y6	31,67 µm
Y7	29,22 µm
Y8	10,70 µm
Rata-rata	27,28 µm

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran dapat diklasifikasikan untuk di-assembly menggunakan jenis sambungan adhesive dan atau mur beserta baut, sehingga didapatkan nilai rata-rata kedua spesimen uji yang disambungkan sebagaimana pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Spesimen *shear test* dengan tingkat kekasarannya.

Kode Spesimen Uji Geser	Kode Spesi men 1	Nilai Rmax	Kode Spesimen 2	Nilai Rmax	Jenis Sambungan	Nilai Kekasaran Rata-Rata
A1	X7	31,22 µm	X3	24,19 µm	Adhesive bonding	27,70 µm
A2	X4	18,76 µm	X8	23,52 µm	Adhesive bonding	21,14 µm
A3	X1	16,32 µm	X6	16,46 µm	Adhesive bonding	16,39 µm
B1	Y1	34,76 µm	Y2	34,08 µm	Mur dan Baut	34,42 µm
B2	Y5	32,43 µm	Y6	31,67 µm	Mur dan Baut	32,05 µm
B3	Y7	29,22 µm	Y3	23,21 µm	Mur dan Baut	26,21 µm

3.4 Kesimpulan Pengujian

Berdasarkan tiap spesimen uji yang dilakukan pengujian, didapatkan hasil

kesimpulan pengujian fisis maupun mekanik sebagai berikut.

3.4.1 Roughness Test

Pengujian kekasaran permukaan pada setiap spesimen dengan standar yang digunakan pada pengujian adalah ASTM D7127. Didapatkan hasil dengan kekasaran tertinggi dengan tingkat kekasaran 38,21 µm dan 37,49 µm untuk spesimen dengan standar pengujian ASTM D5868, dan spesimen dengan tingkat kekasaran yang rendah berada pada nilai 16,32 µm dan 16,46 µm. Sedangkan untuk spesimen uji dengan standar pengujian ASTM D5961 didapatkan tingkat kekasaran tertinggi dengan nilai 34,76 µm dan 34,04 µm, serta spesimen dengan tingkat kekasaran terendah pada nilai sebesar 29,22 µm dan 23,21 µm

3.4.2 Uji Geser (Shear Test)

Berdasarkan spesimen uji yang diurutkan dan disambungkan dengan tingkat kekasaran yang hampir serupa, didapatkan nilai uji geser dan beban maksimal yang variatif yang disebabkan oleh tingkat kekasaran tiap spesimen uji. Nilai beban maksimal yang dapat diterima spesimen uji dengan standar ASTM D5868 adalah 212,61 N dengan gaya geser yang didapatkan dari beban maksimal perluas penampang adalah 0,33 MPa dengan tingkat kekasaran paling tinggi pada spesimen uji. Dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Hasil pengujian geser pada spesimen dengan standar ASTM D5868

	Kode	Beban Maksimal [N]	Gaya Geser [MPa]
	A1	212,61 N	0,33 MPa
	A2	63,09 N	0,09 MPa
	A3	69,36 N	0,10 MPa
	Rata-rata	115, 02 N	0,17
	Minimum	63,09 N	0,09 MPa
	Maksimum	212,61 N	0,33 MPa

Sedangkan pada standar pengujian ASTM D5961, beban maksimal yang dapat diterima oleh spesimen uji yang disambungkan oleh mur dan baut sebesar 3791,25 N dengan gaya geser yang didapatkan dari beban maksimal perluas penampang adalah 2,71 MPa, dan

tegangan tarik yang terjadi pada baut sebesar 124,7 MPa.

Tabel 3. 5 Hasil pengujian geser pada spesimen dengan standar ASTM D5868

	Kode	Beban Maksimal [N]	Gaya Geser [MPa]	σ_{Baut}
	B1	3523,79 N	2,50 MPa	124,7 MPa
	B2	3791,25 N	2,88 MPa	134,15 MPa
	B3	3550,01 N	2,69 MPa	125,6 MPa
	Rata-rata	3621,68 N	2,69 MPa	128,15 MPa
	Minimum	3523,79 N	2,50 MPa	124,7 MPa
	Maksimum	3791,25 N	2,88 MPa	134,15 MPa

3.4.3 Scanning Electrone Microscope

Scanning Electrone Microscope dilakukan pada salah satu spesimen sebelum dan sesudah pengujian geser, guna melihat efektifitas sambungan dan kegagalan tiap sambungan yang digunakan. Terlihat pada spesimen yang disambungkan menggunakan adhesive bonding dengan tingkat kekasaran yang tinggi dapat menyerab dengan baik pada kedua spesimen uji yang disambungkan, sehingga pada pengujian geser mendapatkan nilai beban maksimal yang paling tinggi. Untuk kegagalan yang terjadi pada adhesive bonding adalah pengelupasan (peeling) yang disebabkan oleh sifat adhesive yang elastis dan tidak getas, dan terlihat pada serat juga terjadi kerusakan yang disebabkan oleh pengelupasan adhesive di sekitar area yang direkatkan menggunakan adhesive bonding.

Sedangkan pada spesimen uji dengan standar ASTM D5961 yang disambungkan menggunakan mur dan baut memiliki tingkat kerapatan yang tinggi pada spesimen dengan tingkat kekasaran yang rendah. Namun memiliki beban maksimal yang dapat diterima pada spesimen uji dengan tingkat kekasaran yang cukup tinggi (kode spesimen B2) dengan nilai sebesar 3791,25 N.

4. DAFTAR PUSTAKA

[1] “Analisa Pengaruh Parameter Pengelasan Spot Welding Terhadap Kekuatan Geser Pada Material Aluminium”.

- [2] V. Ayu Setyowati, T. Mesin -Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, And J. Arief Rahman Hakim, "Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro."
- [3] Oleh, "Rancang Bangun Time Relay Pada Mesin Spot Welding Tugas Akhir." [4] Ma. Sahrevy, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Dan Waktu Las Pada Proses Las Titik (Resistensi Spot Welding) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Sambungan Las Pelat Ss 400".
- [5] "Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37".
- [6] A. W. Nugroho, F. H. Purnomo, And M. B. N. Rahman, "Karakterisasi Sambungan Friction Stir Spot Welding Pada Plat Aluminium 5083," Semesta Teknika, Vol. 24, No. 1, Sep. 2021, Doi: 10.18196/St.V24i1.12603.
- [7] V. A. Setyowati, D. E. Wahyu, R. Widodo, And T. Surabaya, Analisis Kekuatan Tarik Dan Karakteristik Xrd Pada Material Stainless Steel Dengan Kadar Karbon Yang Berbeda.
- [8] J. Teknik Mesin, "Skripsi Analisa Dissimilar Welding Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi Menggunakan Smaw Dengan Elektroda E7018 Arus I=100a Pada Kondisi As Weld Program Studi Teknik Mesin," 2021.
- [9] Ma. Sahrevy, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Dan Waktu Las Pada Proses Las Titik (Resistensi Spot Welding) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Sambungan Las Pelat Ss 400".
- [10] O. : Anrinal And & Hendri, "Analisa Kekuatan Tarik Hasil Spot Welding Baja Karbon Rendah," 2012.
- [11] "Uji Kekuatan Lasan Spot Welding Dengan Metode Kombinasi Ketebalan Plat Sambungan (Studi Kasus Pada Material Stainless Steel Aisi".
- [12] B. Aziz And D. Nova Kusuma Hardani, "Rancang Bangun Alat Spot Welding Menggunakan Transformator Oven Microwave Dengan Kendali Dimmer," 2020.
- [13] I. Habibi, J. T. Prasetyo, N. Muhyat, And T. Triyono, "Effect Of Shielding Gas On The Properties Of Stainless-Steel Sus 304l Plug Welded," Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 13, No. 3, Pp. 899–910, Jan. 2023, Doi: 10.21776/Jrm.V13i3.1251.
- [14] M. Aqdar Fitrah Et Al., "Analisis Uji Tarik Pada Resistance Spot Welding Terhadap Ss 304 Dengan Variasi Arus." [15] "1189-Article Text-2189-1-10- 20191223".
- [16] I. W. Djoko Karmiadji And M. Khoirul Huda, "Analisis Pengelasan Spot Welding Pada Material Spc Dan Scga Kendaraan Mpv". Jurnal Kajian Teknik Mesin Vol No (tahun) Halaman
- [17] V. Ayu Setyowati, T. Mesin - Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, And J. Arief Rahman Hakim, "Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro."
- [18] T. Cahyo Wahyudi, S. Dri Handono, H. A. Sanjaya, A. Basir, And S. Azis, "Analisa Pengaruh Media Pendingin Dan Arus Listrik Pada Proses Pengelasan Titik (Spot Welding) Stainlees Steel Terhadap Nilai Kekuatan Tarik," Vol. 2, No. 2, P. 2021.