

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II.....	6
2.1. Penambahan <i>Filler</i> pada <i>Fiber reinforced polymer</i>	6
2.2. ILSS (<i>Interlaminar Shear Strength</i>) pada <i>fiber reinforced polymer</i>	11
2.3. Metode <i>Vacuum-assisted resin infusion</i> pada <i>fiber reinforced polymer</i>	16
2.4. Keterbaruan Penelitian.....	19
BAB III.....	20
3.1. Komposit.....	20
3.1.1. Klasifikasi Komposit	21
3.1.2. Komposit Struktural.....	24
3.1.3. Mekanisme <i>Intefacial Bonding</i>	25
3.1.4. Fraksi massa, volume, dan <i>void</i>	26
3.2. <i>Glass fiber</i>	28
3.3. <i>Filler</i>	30
3.4. <i>Vacuum-assisted resin infusion</i> (VARI).....	32

3.5.	Pengujian Mekanik	34
3.5.1.	Pengujian <i>Bending (Flexural test)</i>	34
3.5.2.	Pengujian <i>Short Beam Test / ILSS (Interlaminar Shear Strength)</i>	36
3.6.	Mekanika Komposit	37
BAB IV	40
4.1.	Alat dan Bahan yang Digunakan	40
4.1.1.	Alat yang Digunakan	40
4.1.2.	Bahan yang Digunakan	46
4.2.	Jalannya Penelitian	49
4.3.	Proses Persiapan Spesimen Komposit	50
4.3.1.	Proses Persiapan Serat dan <i>Consumable Part</i>	51
4.3.2.	Proses Pencampuran Resin dan <i>Filler</i>	52
4.3.3.	Proses Manufaktur Komposit	52
4.4.	Prosedur Pengujian Mekanik	53
4.4.1.	Pengujian <i>Bending / Flexural Test</i>	53
4.4.2.	Pengujian <i>Short Beam / ILSS (Interlaminar Shear Strength)</i>	54
4.5.	Prosedur Pengukuran Persentase <i>Void</i>	56
BAB V	57
5.1.	Hasil Pengujian <i>Bending</i> dan Densitas	57
5.2.	Hasil Pengujian <i>Interlaminar Shear Strength (ILSS)</i>	68
BAB VI	78
6.1.	Kesimpulan	78
6.2.	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 a) Nilai kekerasan; b) <i>Stress-strain</i> diagram; c) SEM TiO ₂ 5 wt%	7
Gambar 2.2 a) Kegagalan pada <i>grey filler</i> ; b) Kegagalan pada <i>white filler cement</i>	8
Gambar 2.3 Grafik a) pengujian tarik; b) pengujian <i>bending</i> ; c) Pengamatan SEM	9
Gambar 2.4 Mekanisme penguatan <i>milled glass</i>	9
Gambar 2.5 a) <i>Flexural modulus</i> ; b) SEM patahan komposit	10
Gambar 2.6 Mekanisme <i>interfacial bonding carbon nanotube</i>	11
Gambar 2.7 a) Grafik <i>interlaminar shear strength</i> (ILSS); b) <i>fracture surface</i> GFRP + MWCNTs + BGE	12
Gambar 2.8 Grafik ILSS a) <i>carbon nanofiber</i> ; b) <i>carbon microfiber</i>	13
Gambar 2.9 Mekanisme penguatan pada <i>microcapsule</i>	13
Gambar 2.10 Grafik ILSS <i>glass fiber reinforced polymer</i> + SiC / SiO ₂	14
Gambar 2.11 Grafik a) <i>Load vs displacement</i> ILSS; b) <i>Experimental vs</i> <i>theoretical</i> ILSS	15
Gambar 2.12 <i>Failure mode</i> a) <i>hybrid</i> ; b) <i>unidirectional</i>	15
Gambar 2.13 Grafik ILSS <i>hybrid composite</i>	16
Gambar 2.14 Fiber <i>bridging</i> pada <i>flax fiber</i>	16
Gambar 2.15 Proses manufaktur <i>fiber reinforced polymer</i> menggunakan metode VARI	17
Gambar 2.16 Grafik Kekuatan a) Tarik <i>fiber</i> ; b) Tarik GFRP; c) ILSS	18
Gambar 2.17 a) Static contact angle; b) Permeabilitas dari serat	18
Gambar 3.1 Skema penyusun komposit	20
Gambar 3.2 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis matriks	21
Gambar 3.3 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguat	22
Gambar 3.4 <i>Particulate composite</i>	22
Gambar 3.5 a) <i>Discontinuous fiber</i> ; b) <i>Continuous fiber</i>	23

Gambar 3.6 <i>Laminated composite</i>	24
Gambar 3.7 <i>Sandwich composite</i>	25
Gambar 3.8 <i>Mechanical bonding</i>	25
Gambar 3.9 <i>Chemical bonding</i>	26
Gambar 3.10 <i>Electrostatic bonding</i>	26
Gambar 3.11 E-glass a) <i>ud continuous</i> ; b) <i>woven</i> ; c) <i>roving</i> ; d) <i>chopped</i>	29
Gambar 3.12 <i>Crack deflection</i> a) <i>Tilting</i> ; b) <i>Twisting</i>	30
Gambar 3.13 <i>Crack pinning</i>	31
Gambar 3.14 <i>Crack bridging</i>	31
Gambar 3.15 <i>Glass powder</i> a) <i>spherical</i> ; b) <i>cylindrical (milled fiber)</i>	32
Gambar 3.16 Perbandingan kualitas komposit berdasarkan metode manufaktur	33
Gambar 3.17 Skema metode <i>vacuum-assisted resin infusion</i>	34
Gambar 3.18 Skema pengujian <i>bending</i> a) <i>3-point bending</i> ; b) <i>4-point bending</i>	35
Gambar 3.19 Pengujian <i>short beam</i>	36
Gambar 3.20 Mode kegagalan pada pengujian <i>short beam</i>	37
Gambar 3.21 <i>Shear strength</i> a) <i>longitudinal dan transversal</i> ; b) <i>beam tanpa ikatan</i> ; c) <i>beam saling terikat</i>	39
Gambar 4.1 <i>Universal testing machine</i>	40
Gambar 4.2 <i>Density meter</i>	41
Gambar 4.3 <i>Dino-Lite digital microscope</i>	41
Gambar 4.4 <i>Vacuum pump</i>	42
Gambar 4.5 <i>Resin trap</i>	42
Gambar 4.6 <i>Desiccator vacuum</i>	43
Gambar 4.7 <i>Glass mold</i>	43
Gambar 4.8 <i>Peel ply</i>	43
Gambar 4.9 <i>Flow media mesh</i>	44
Gambar 4.10 <i>Vacuum bagging film</i>	44
Gambar 4.11 <i>PU tube</i>	44
Gambar 4.12 <i>Spiral tube</i>	45

Gambar 4.13 <i>Stirrer</i>	45
Gambar 4.14 <i>Sealant tape</i>	45
Gambar 4.15 <i>Calliper</i>	46
Gambar 4.16 <i>Semi-automatic cutting machine</i>	46
Gambar 4.17 <i>E-glass fiber stitch-bonded unidirectional longitudinal (SBUL)</i>	46
Gambar 4.18 <i>Epoxy resin bisphenol A</i>	47
Gambar 4.19 <i>Epoxy hardener EPH 555</i>	48
Gambar 4.20 <i>Glass powder filler</i>	48
Gambar 4.21 <i>Release agent</i>	48
Gambar 4.22 Diagram alir jalannya penelitian	49
Gambar 4.23 <i>Schematic diagram</i> dari <i>experimental setup</i> a) proses persiapan cetakan; b) proses persiapan resin; c) proses manufaktur komposit	49
Gambar 4.24 Ukuran plat komposit	51
Gambar 4.25 Dimensi spesimen pengujian <i>bending</i>	53
Gambar 4.26 Skema pengujian <i>bending</i>	54
Gambar 4.27 Dimensi spesimen pengujian <i>short beam</i>	55
Gambar 4.28 Skema pengujian <i>short beam/interlaminar shear strength</i> a) skema pengujian; b) <i>setup</i> pengujian	55
Gambar 4.29 Ukuran spesimen pengukuran densitas aktual (satuan mm)	56
Gambar 4.30 Skema pengukuran densitas	56
Gambar 5.1 Grafik hasil pengujian <i>bending</i>	58
Gambar 5.2 Grafik <i>load vs displacement</i> pengujian <i>bending</i> pada komposit	58
Gambar 5.3 Grafik persentase fraksi volume pada komposit	59
Gambar 5.4 a) Mikrograf spesimen GFRP tanpa <i>filler</i> ; b) gambar skematik kegagalan delaminasi pada	60
Gambar 5.5 a) Mikrograf spesimen GFRP dengan penambahan <i>glass powder filler</i> 2,5 wt%; b) gambar skematik mekanisme <i>bridging</i> dan <i>crack deflection</i>	61
Gambar 5.6 Mikrograf spesimen GFRP dengan penambahan	

<i>glass powder filler 5 wt%</i>	62
Gambar 5.7 Mikrograf spesimen GFRP dengan penambahan	
<i>glass powder filler 7,5 wt%</i>	63
Gambar 5.8 Fenomena agglomerasi <i>glass powder filler</i> pada	
matriks a) 2,5 wt%; b) 5 wt%; c) 7,5 wt%	64
Gambar 5.9 <i>Void</i> pada komposit dengan penambahan <i>glass</i>	
<i>powder filler 7,5 wt%</i>	65
Gambar 5.10 Skema terbentuknya <i>void</i>	65
Gambar 5.11 Grafik <i>flexural modulus</i>	66
Gambar 5.12 <i>Measured density</i> pada komposit	67
Gambar 5.13 Grafik hasil pengujian <i>interlaminar shear strength</i> (ILSS)	69
Gambar 5.14 Grafik hasil peningkatan <i>shear strength</i> berdasarkan	
<i>rules of mixture</i>	69
Gambar 5.15 Grafik <i>load vs displacement</i> pengujian ILSS pada komposit	70
Gambar 5.16 Mode kegagalan pengujian interlaminar shear	
strength a) 0 wt%; b) 2,5 wt%; c) 5 wt%; d) 7,5 wt%	70
Gambar 5.17 Mikrograf spesimen ILSS GFRP tanpa <i>filler</i>	72
Gambar 5.18 Penampang melintang komposit dengan penambahan	
<i>filler</i> a) 0 wt%; b) 2,5 wt%; c) 5 wt%; d) 7,5 wt%	73
Gambar 5.19 Mikrograf spesimen ILSS GFRP dengan penambahan	
<i>glass powder filler 2,5 wt%</i>	74
Gambar 5.20 Mikrograf spesimen ILSS GFRP dengan penambahan	
<i>glass powder filler 5 wt%</i>	75
Gambar 5.21 Mikrograf spesimen ILSS GFRP dengan penambahan	
<i>glass powder filler 7,5 wt%</i>	76
Gambar 5.22 <i>Dry spot area</i> GFRP dengan penambahan	
<i>glass powder filler 7,5 wt%</i>	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi kimia beberapa jenis <i>glass fiber</i> (wt%)	28
Tabel 3.2 Sifat E- <i>glass</i>	29
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>epoxy bisphenol A</i>	47
Tabel 4.2 Ukuran spesimen plat <i>glass fiber reinforced polymer</i>	51
Tabel 4.3 <i>Design of experiment</i>	52
Tabel 4.4 Dimensi spesimen pengujian <i>bending</i>	54
Tabel 4.5 Dimensi spesimen pengujian <i>short beam</i>	55
Tabel 5.1 <i>Flexural strength</i> pada masing-masing variasi	58
Tabel 5.2 <i>Interlaminar shear strength</i> pada masing-masing variasi	68
Tabel 5.3 Perbandingan luas <i>resin-rich area</i>	72