

**PENGARUH UKURAN SERBUK TEMPURUNG KELAPA
TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *GLASS FIBER*
*REINFORCED POLYMER (GFRP)***

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUUKSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



JEFRI YURISTIANTO

NIM. 115060200111036

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH UKURAN SERBUK TEMPURUNG KELAPA
TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *GLASS FIBER*
REINFORCED POLYMER (GFRP)

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



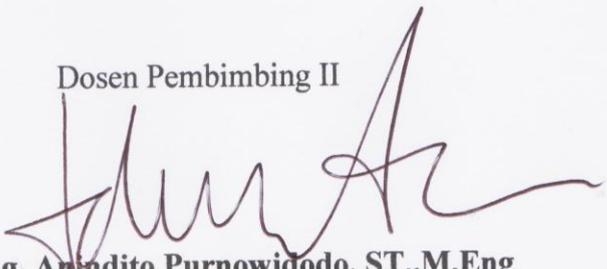
JEFRI YURISTIANTO
NIM. 115060200111036

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 18 November 2015

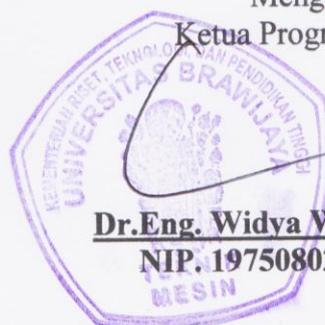
Dosen Pembimbing I


Khairul Anam, ST., MSc
NIK. 201310 861127 1 001

Dosen Pembimbing II


Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST.,M.Eng
NIP. 19710310 199802 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr.Eng. Widya Wijayanti,ST.,MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, November 2015

Mahasiswa,



Jefri Yuristianto
NIM. 115060200111036

JUDUL SKRIPSI :

Pengaruh ukuran serbuk tempurung kelapa terhadap kekuatan tarik komposit *glass fiber reinforced polymer* (gfrp).

Nama Mahasiswa : Jefri Yuristianto
NIM : 115060200111036
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Produksi

KOMISI PEMBIMBING

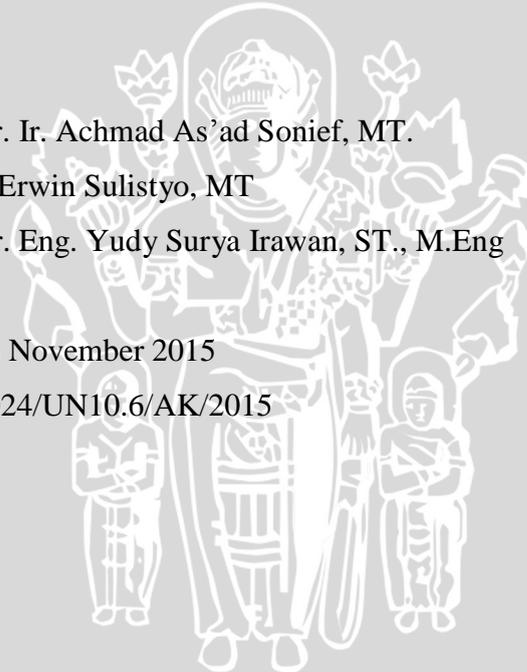
Pembimbing 1 : Khairul Anam ST., MSc
Pembimbing 2 : Dr. Eng. Anindito Purnowidodo ST., M.Eng

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.
Dosen Penguji 2 : Ir. Erwin Sulisty, MT
Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng

Tanggal Ujian : 18 November 2015

SK Penguji : 3024/UN10.6/AK/2015



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Ukuran Serbuk Tempurung Kelapa Terhadap Kekutan Tarik Komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*”**

Skripsi ini merupakan laporan akhir yang harus dipenuhi dalam mata kuliah Tugas Akhir pada Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Eng Nurkholis Hamidi, ST, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami, ST, MT., selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Khairul Anam, ST., M.SC, selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak memberikan pengarahan dan motivasi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Dr.Eng Anindito Purnowidodo, ST. M.Eng selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak memberikan pengarahan dan motivasi selama pelaksanaan skripsi.
5. Bapak Ir. Erwin Sulisty, MT selaku dosen pembimbing akademik yang banyak memberikan masukan dalam perkuliahan.
6. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Keluarga Tercinta Bpk.Sukiyat, Ibu Warsini. Yang tidak hentinya memberikan kasih sayang, semangat moral, dan doa selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
8. Keluarga Besar Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.(mas Oddy, mas Kelik, mas Rio, mas Mamad, mas Djoni, mas Faisal, mas Sandhy, Darmo, Iyan, Afrizal, Harsa, Muchlis, Aldy, Febri, Nurul) yang tidak hentinya memberikan semangat.
9. Keluarga Besar Apatte-62 Team Divisi Otomasi Dan Robotika Teknik Mesin Universitas Brawijaya (Sakti, Darmo, Fahri, Okky, Dwipa, Aji, Yossi, Rasyid, Hendi, Fauzie) yang selalu menyemangati, menemani selama perkuliahan hingga penyusunan

skripsi ini dan terimakasih untuk semua kesan dan perjuangan yang telah dilakukan bersama.

10. Teman seperjuangan dalam penelitian ini Sakti, Okky, Yogi, dan Ibon terimakasih untuk kerjasama, perjuangan dan kebersamaanya selama ini.
11. Keluarga Besar M'11 (KAMIKAZE) yang sudah menjadi keluarga dan menjadi penyemangat dalam perjuangan di Teknik Mesin.
12. KBMM (Keluarga Besar Mahasiswa Mesin) yang banyak memberikan pengalaman dalam pembentukan pola pikir dan pola sikap.
13. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dan memberikan arahan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat menghargai setiap saran dan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan rekan-rekan yang lain.

Malang, November 2015

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTARLAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Komposit	6
2.3 <i>Particle-Reinforced Composites</i> (Komposit Parikel).....	6
2.4 <i>Fiber Reinforced Composites</i> (Komposit Serat)	7
2.5 <i>Polymer Matrix Composites</i>	8
2.5.1 <i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i>	8
2.6 <i>Glass Fiber</i>	9
2.7 Matriks.....	10
2.7.1 Jenis Matriks.....	11
2.7.2 Resin <i>Polyester</i>	13
2.7.3 Katalis	13
2.8 <i>Polymer Additives</i>	14
2.8.1 Tempurung Kelapa	14
2.9 Ayakan (<i>Mesh</i>)	16
2.10 Pembuatan Komposit	17
2.10.1 <i>Curing</i>	18
2.10.2 <i>Postcuring</i>	18
2.11 Metode Manufaktur	19

2.11.1 <i>Hand Lay-Up</i>	20
2.11.2 <i>Spray-Up</i>	20
2.11.3 <i>Injection Molding</i>	21
2.12 Pengujian kekuatan tarik (tensile strength)	22
2.13 Hipotesis	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Tempat Pengambilan Data Pengujian	26
3.2 Variabel Yang Diteliti	26
3.2.1 Variabel bebas	26
3.2.2 Variabel Terikat	26
3.2.3 Variabel Terkontrol	26
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Peralatan Penelitian	27
3.3.2 Bahan Penelitian	30
3.4 Prosedur Pengujian	31
3.5 Pengujian Tarik	32
3.6 Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Data Hasil Pengujian	34
4.2 Pembahasan	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi komposit	6
Gambar 2.2	Aplikasi glass fiber reinforced polymer pada snowboard	8
Gambar 2.3	Jenis-jenis glass fiber yang sering digunakan dalam dunia industri	10
Gambar 2.4	Ikatan yang dimungkinkan antara serat alami dan resin	16
Gambar 2.5	Hand Lay Up Method	20
Gambar 2.6	Spray Up Method	21
Gambar 2.7	Injection Molding method	21
Gambar 2.8	Pengujian kekuatan tarik	22
Gambar 2.9	Tensile stress-strain curves	23
Gambar 2.10	Diagram Tegangan Regangan secara umum	24
Gambar 3.1	Timbangan digital	27
Gambar 3.2	Mesin uji tarik	28
Gambar 3.3	Syringe	28
Gambar 3.4	Dapur Listrik	29
Gambar 3.5	Penumbuk	29
Gambar 3.6	Mesin Pengguncang Rotap	29
Gambar 3.7	Jangka sorong	30
Gambar 3.8	Serat fiber E- Glass woven roving tipe TGFRL-4400	30
Gambar 3.9	Serbuk tempurung kelapa	31
Gambar 3.10	Spesimen uji tarik	32
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Variasi Ukuran Serbuk terhadap Kekuatan Tarik Komposit	34
Gambar 4.2	Diagram Perbandingan Spesimen Tanpa Penambahan Filler dan Spesimen dengan Penambahan Filler terhadap Tensile Strength	35
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Variasi Ukuran Serbuk terhadap Regangan Komposit	36
Gambar 4.4	Diagram Perbandingan Spesimen Tanpa Perlakuan dan Postcuring terhadap Regangan (Strain)Komposit	37
Gambar 4.5	Foto sisi samping spesimen uji tarik perbesaran 30x (a) spesimen tanpa filler (b) spesimen dengan filler mesh 60 (c) spesimen dengan	

filler mesh 140

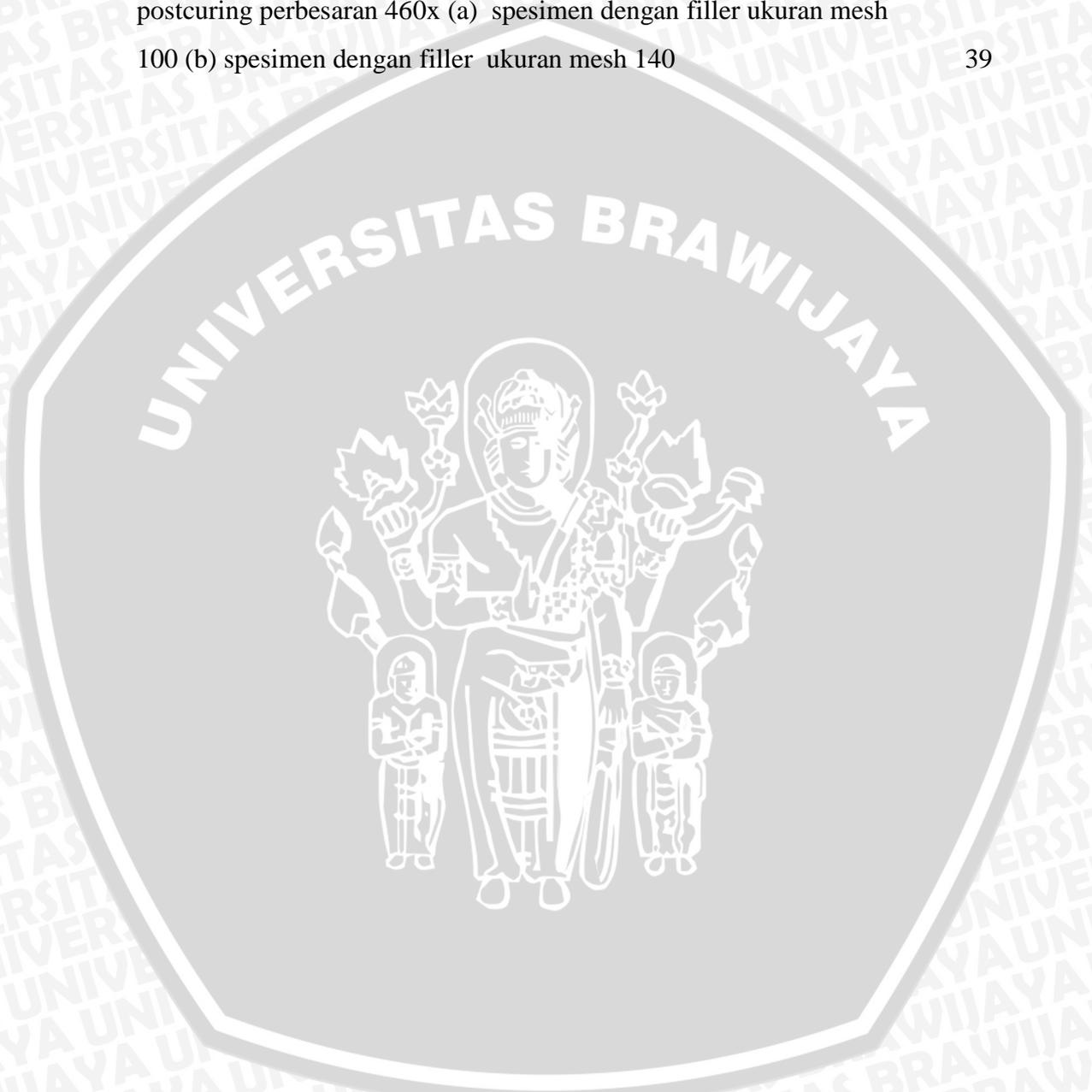
38

Gambar 4.6 Foto sisi samping spesimen uji tarik (a) spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x tanpa perlakuan postcuring (b) spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x dengan perlakuan postcuring

39

Gambar 4.7 Foto SEM penampang patahan spesimen uji tarik dengan perlakuan postcuring perbesaran 460x (a) spesimen dengan filler ukuran mesh 100 (b) spesimen dengan filler ukuran mesh 140

39



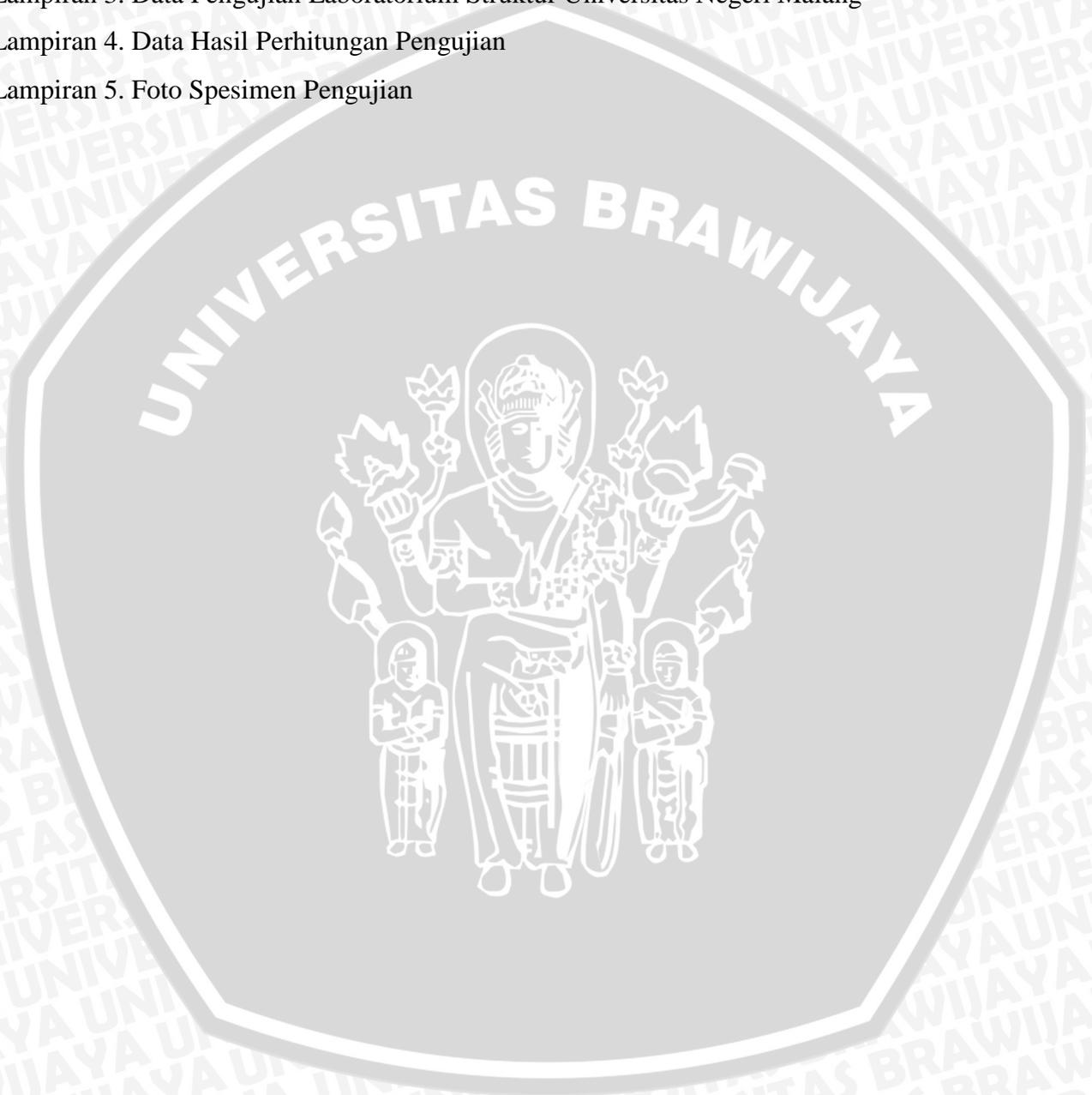
DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Jenis serat dengan kekuatan tarik dan tekannya (Mallick, P.K. 2007)	7
Tabel 2.2	Jenis serat dengan kekuatan tarik dan tekannya (Mazumdar. 2002)	9
Tabel 2.3	Spesifikasi resin unsaturated polyester Yukalac 157 BQTN-EX	13
Tabel 2.4	Komposisi kimia tempurug kelapa	15
Tabel 2.5	Temperatur dan waktu perlakuan postcuring yang direkomendasikan	19
Tabel 2.6	Karakteristik resin thermoset polyester	19
Tabel 3.1	Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik	32



DAFTAR LAMPIRAN

- | NO. | JUDUL |
|-------------|--|
| Lampiran 1. | Surat Keterangan Penelitian |
| Lampiran 2. | Sertifikat Kalibrasi <i>Universal Testing Machine</i> |
| Lampiran 3. | Data Pengujian Laboratorium Struktur Universitas Negeri Malang |
| Lampiran 4. | Data Hasil Perhitungan Pengujian |
| Lampiran 5. | Foto Spesimen Pengujian |



RINGKASAN

Jefri Yuristianto, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2015, Pengaruh Ukuran Serbuk Tempurung Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*, dosen Pembimbing: Khairul Anam dan Anindito Purnowidodo.

Melakukan penambahan pengisi atau *filler* pada komposit polimer dengan fraksi volume tertentu merupakan salah satu cara memperbaiki sifat komposit. *Filler* sering ditambahkan ke polimer untuk meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan tekan, ketahanan abrasi, ketangguhan, stabilitas dimensi dan termal, dan properti lainnya. Bahan yang biasa digunakan sebagai *filler* yaitu tepung kayu. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mendapatkan ukuran serbuk tempurung kelapa yang paling sesuai sebagai pengisi (*filler*) pada komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)* dan proses produksi yang tepat dalam pembuatan komposit polimer tersebut. Uji yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji kekuatan Tarik.

Pada penelitian ini serbuk tempurung kelapa yang telah di ayak dengan variasi ukuran *mesh* 250 μm , 180 μm , 140 μm , 125 μm , 100 μm . Selanjutnya dilakukan proses alkalisasi dengan menggunakan larutan NaOH dengan persentase 5 %. Pada tahap selanjutnya serbuk tempurung kelapa dicampur dengan resin dan dicetak pada cetakan yang telah disiapkan beserta serat fiberglass bertipe woven rooving. Kemudian dilakukan proses *postcuring* pada sebagian spesimen. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian tarik pada spesimen.

Dari hasil pengujian semakin kecil ukuran butir *filler* pada komposit *GFRP* akan menaikkan kekuatan tarik komposit dengan nilai tertinggi spesimen tanpa perlakuan 40,57 MPa dan spesimen dengan perlakuan *postcuring* 44,44 MPa. Perlakuan *postcuring* pada spesimen komposit dapat menaikkan kekuatan tarik material. Ukuran *filler* yang optimal dari variasi *mesh* 250 μm , 180 μm , 140 μm , 125 μm , 100 μm didapatkan nilai optimum pada variasi *mesh* 100 μm . Selain itu semakin kecil ukuran butir *filler* akan menurunkan besar nilai regangan pada komposit.

Kata Kunci : *filler, glass fiber reinforced polymer, postcuring, mesh*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi dan semakin berkembangnya teknologi modern saat ini mengakibatkan tuntutan kemajuan teknologi di segala bidang, tidak terkecuali bidang industri otomotif dan manufaktur. Seiring dengan pesatnya kemajuan teknologi industri otomotif, meningkat pula konsumsi akan bahan bakar minyak (BBM) yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Hal ini mendorong para ilmuwan untuk memikirkan suatu cara meningkatkan efisiensi mesin guna menghemat bahan bakar pada kendaraan bermotor. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan melakukan suatu perubahan terhadap bahan baku suatu komponen. Perubahan yang dapat dilakukan industri otomotif adalah dengan mengganti material yang digunakan. Bahan material yang diharapkan adalah harus memiliki kriteria yang baik misalnya biaya murah, ringan dan kualitas yang unggul. Komponen otomotif dari bahan yang ringan saat ini sedang dikembangkan Ilmuwan dunia khususnya negara produsen otomotif seperti Jepang dan Jerman sebagai pemecahan masalah pengganti material otomotif, dikarenakan bahan yang ringan mampu menghemat bahan bakar, hal tersebut disebabkan oleh pemakaian bahan bakar pada proses pembakaran tidak memerlukan energi yang tinggi karena densitas material yang ringan. Komposit merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan.

Komposit adalah suatu material yang dibentuk dari gabungan dua atau lebih material yang memiliki sifat mekanik yang berbeda, sehingga material baru yang dihasilkan akan mempunyai karakteristik yang unik dan berbeda dari material pembentuknya. Komposit dipilih sebagai solusi pengganti material karena bobotnya yang ringan, kekuatan tinggi serta tahan korosi. Komposit bermatriks polimer dalam industri otomotif dan manufaktur digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan *body* mobil, bumper mobil, tandon air, tangki air, kapal dan berbagai produk lainnya. Pada industri otomotif dan manufaktur komposit yang sering digunakan adalah komposit dengan penguat serat sintetis.

Aplikasi dalam industri otomotif secara luas saat ini dihadapkan pertanyaan pada dampak pengolahan serat sintetis terhadap lingkungan. Pertimbangan dampak material terhadap lingkungan perlu dilakukan dikarenakan serat sintetis sukar terdegradasi. Upaya yang dapat dilakukan ialah mengganti serat sintetis dengan serat alam. Akan tetapi, tentu industri tidak dapat juga bergantung hanya pada bahan-bahan alami yang sangat cepat terdegradasi. Oleh sebab itu penggunaan serat sintetis masih perlu digunakan namun dengan meminimalkan penggunaannya. Salah satu caranya ialah dengan menambahkan *filler* dari alam sehingga untuk memperbaiki sifat dari komposit tersebut tidak diperlukan penambahan serat sintetis lagi. Dengan cara seperti itu penggunaan serat sintetis dapat ditekan. Saat ini *filler* dari alam yang telah banyak diteliti adalah *filler* dari serbuk tempurung kelapa. Tempurung kelapa mempunyai sifat daya tahan yang sangat baik, sifat kekasaran yang tinggi dan sifat tahan terhadap pengikisan. Karena karakteristik yang dimiliki oleh tempurung kelapa tersebut, maka bahan ini sangat baik untuk digunakan.

Melakukan penambahan pengisi atau *filler* pada komposit polimer dengan fraksi volume tertentu merupakan salah satu cara memperbaiki sifat komposit (Callister.2009). *Filler* sering ditambahkan ke polimer untuk meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan tekan, ketahanan abrasi, ketangguhan, stabilitas dimensi dan termal, dan properti lainnya. Bahan yang biasa digunakan sebagai *filler* yaitu tepung kayu (serbuk gergaji halus), tepung silika dan pasir, kaca, tanah liat, talk, kapur (batu gamping), dan bahkan beberapa polimer sintetis (Callister.2009). Helmi Alian 2011 dalam penelitiannya menggunakan semen putih sebagai *filler* pada material komposit *GFRP*, serat yang digunakan yaitu serat *E-glass Chopped Strand Mat*, dan matriks yang digunakan yaitu polyester. Penelitian tersebut menghasilkan rata-rata kekuatan tarik paling tinggi didapatkan pada fraksi volume semen putih 30% = 2,461 kgf/mm². Kekuatan impak rata-rata tertinggi pada fraksi volume semen putih, 30% = 5,703 kgf/mm². Nilai kekuatan tarik dan impak semakin meningkat ketika dilakukan penambahan fraksi volume semen putih mulai dari fraksi 20%, 25% dan 30%, namun mengalami penurunan pada fraksi 35% dan 40%. Pada proses pembuatan komposit dengan menggunakan metode *hand lay-up* yang dilakukan pada kondisi temperatur ruangan, reaksi *crosslinking* belum optimal, maka dilakukan *postcuring* untuk mengatasi hal tersebut (Andressen.2001). Dari permasalahan pada uraian di atas mendorong penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

Adapun dalam penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui ukuran serbuk tempurung kelapa yang paling cocok sebagai *filler* pada material komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) dan proses produksi yang tepat dalam pembuatan material

komposit polimer tersebut. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji kekuatan tarik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan yang akan diteliti adalah “bagaimana pengaruh ukuran serbuk tempurung kelapa sebagai *filler* (pengisi) terhadap kekuatan tarik komposit *glass fiber reinforced polymer (GFRP)*”

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah maka perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Metode manufaktur komposit menggunakan metode *open mold hand layup* dengan temperatur sama dan merata selama pembuatan spesimen.
2. Proses pencampuran resin dan katalis dengan *filler* diaduk dengan kecepatan konstan dan lama waktu yang sama selama 2 menit.
3. Distribusi *fillers* pada komposit dianggap sama.
4. Tekanan oleh *roller* pada proses *hand lay-up* sama.
5. Kelembapan pada saat pembuatan spesimen diabaikan

1.4 Tujuan Penelitian

- 1 Untuk mengetahui pengaruh ukuran *fillers* terhadap kekuatan tarik komposit *glass fiber reinforced polymer (GFRP)*
- 2 Untuk mengetahui ukuran *fillers* yang optimal agar menghasilkan produk yang memiliki kekuatan tarik tinggi.
- 3 Untuk mengetahui jenis *fillers* yang tepat agar menghasilkan produk yang memiliki kekuatan tarik tinggi.
- 4 Untuk mengetahui komposisi jenis serat, jenis *fillers* dan ukuran *fillers* agar dapat menghasilkan produk yang berkualitas.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui pengaruh ukuran *fillers* terhadap kekuatan tarik komposit *glass fiber reinforced polymer (GFRP)*

4

2. Dapat mengetahui berapa ukuran *fillers* yang optimal agar menghasilkan produk yang memiliki kekuatan tarik tinggi.
3. Dapat mengetahui jenis *fillers* yang tepat agar menghasilkan produk yang memiliki kekuatan tarik tinggi.
4. Dapat mengetahui komposisi jenis serat, jenis *fillers* dan ukuran *fillers* agar dapat menghasilkan produk yang berkualitas.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pan (2007) dalam penelitiannya yang berjudul *Physical properties of thin particleboard made from saline eucalyptus* menunjukkan perbedaan ukuran *mesh* berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari komposit, ukuran *mesh* yang besar menghasilkan permukaan kasar dan ikatan antar partikel lemah sehingga ada pori di antara partikel serta tidak semua partikel berikatan baik dengan matrik. Ukuran partikel yang kecil menghasilkan permukaan yang halus dan ikatan antar partikel yang baik karena matrik berikatan baik dengan partikel

Sarki (2011) dalam penelitiannya yang berjudul *Potential of using coconut shell particle fillers in eco-composite materials* menunjukkan pengaruh penambahan *filler* serbuk tempurung kelapa pada sifat mekanik komposit. Dalam pembuatan komposit tanpa menggunakan serat tetapi hanya dilakukan penambahan *fillers* pada matriks dan menggunakan *resin epoxy* sebagai matriksnya. Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan lentur meningkat hingga pemberian fraksi volume *fillers* 20% dengan kekuatan tarik maksimum 37,31 Mpa dan kekuatan lentur (Young Modulus) 688,14 Mpa. Sedangkan kekuatan bentur menurun hingga pemberian fraksi volume *fillers* 20% dengan kekuatan bentur terendah 0,70 Mpa.

Alian (2011) dalam penelitiannya yang berjudul *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Semen Putih Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Glass Fiber Reinforced Plastic (GRFP) Berpenguat Serat E-Glass Chop Strand Mat dan Matriks Resin Polyester* menunjukkan pengaruh penambahan *filler* semen putih pada sifat mekanik komposit *glass fiber reinforced plastic (GRFP)*. Hasilnya menunjukkan kekuatan tarik dan impak semakin meningkat ketika dilakukan penambahan fraksi volume semen putih mulai dari fraksi 20%, 25% dan 30%, tetapi menurun ketika fraksi 35% dan 40%.

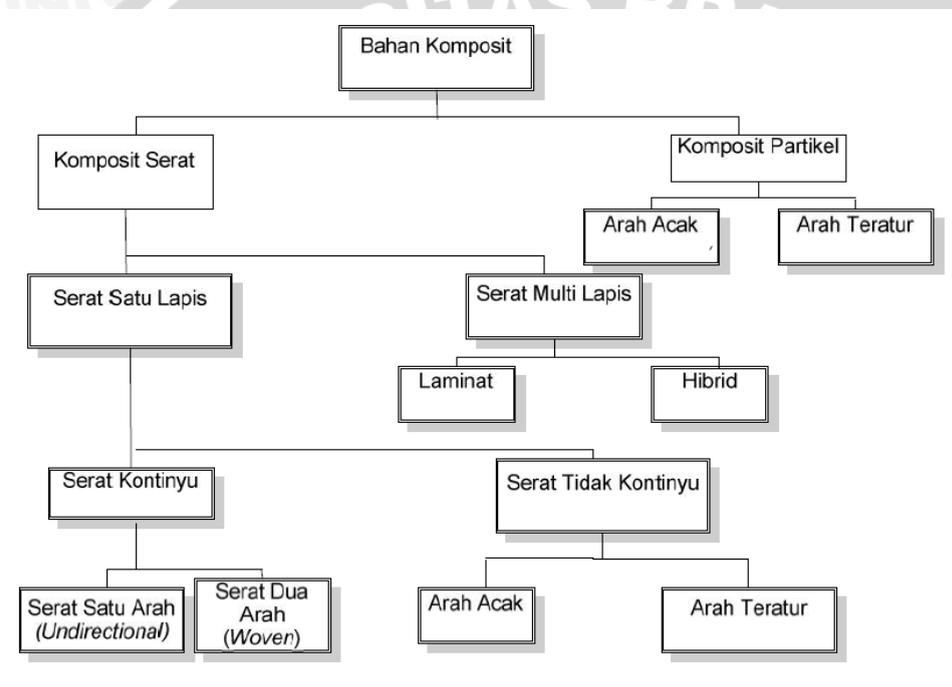
Suwanto (2014) dalam penelitiannya yang berjudul *Pengaruh Temperatur Postcuring Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin Yang Diperkuat Woven Serat Pisang* menunjukkan pengaruh *temperature postcuring* terhadap kekuatan tarik komposit. Hasilnya menunjukkan kekuatan tarik maksimum yang diperoleh pada komposit yang mengalami proses *postcuring* pada temperatur 100° C adalah sebesar 42.82 MPa,

sehingga terjadi peningkatan kekuatan tarik sebesar 40.26% apabila dibandingkan dengan komposit tanpa pemanasan.

2.2 Komposit

Komposit adalah material yang dibentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang mempunyai sifat mekanik yang unik dan berbeda sehingga akan dihasilkan material baru yang memiliki karakteristik maupun sifat mekanik yang berbeda dari material pembentuknya. (Schwartz.1984).

Berdasarkan jenis penguat yang membentuk komposit dibagi menjadi 2 klasifikasi yaitu *Particle - Reinforced Composite* dan *Fiber-Reinforced Composites*.



Gambar 2.1 Klasifikasi komposit.
Sumber : Schwartz, 1984

2.3 Particle-Reinforced Composites (Komposit Parikel)

Particle-Reinforced Composites merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Ada dua subklasifikasi dari *Particle-Reinforced Composites* yaitu *large particle* dan *dispersion strengthened*, dimana *large particle* proses inetraksi polimer matriknya terjadi pada level yang lebih besar dari ukuran atomik atau molekul sedangkan *dispersion strengthened* terjadi pada ukuran atomik atau molekul yaitu pada 0.01 - 0.1 μm (10 - 100 nm). Interaksi partikel-matriks yang menyebabkan penguatan terjadi pada tingkat atom atau

molekul. Mekanisme penguatan tersebut serupa dengan pengerasan presipitasi. Rasio dari luas permukaan antara matriks dan penguat dengan volume lebih tinggi, yang menyediakan interaksi antar muka yang lebih besar dengan matriks. Matriks menanggung sebagian besar dari beban yang diterapkan, partikel menghambat atau menghalangi gerak dislokasi. Dengan demikian, deformasi plastik dibatasi sehingga hasil dan tarik kekuatan, serta kekerasan, meningkat.

2.4 Fiber Reinforced Composites (Komposit Serat)

Komposit *fiber reinforced composites* adalah komposit berpenguat serat yang terdiri dari serat dan matriks. Pada material ini serat berfungsi sebagai bagian yang membawa beban pokok dan matriks berfungsi menjaga agar orientasi dan lokasi serat tetap seperti yang diinginkan. Selain itu matriks juga berfungsi sebagai pelindung dari efek lingkungan dan media transfer beban.

Serat yang sering digunakan dalam penggunaan komersial adalah *glass fiber*, *carbon fiber* serta *Kevlar 49*. Serat lainnya, seperti *boron*, *silikon karbida*, dan *aluminium oksida*, digunakan dalam jumlah terbatas. Semua serat ini dapat dimasukkan ke dalam matriks baik dalam *continuous lengths* atau *discontinuous (short) lengths*. Bahan matriks yang biasa digunakan adalah *polymer*, *metal*, atau *ceramic* (Mallick. 2007).

Polymer matrix composite yaitu jenis komposit berpenguat serat dengan polimer sebagai matriksnya. *Metal matrix composite* yaitu jenis komposit berpenguat serat dengan logam atau *metal* sebagai matriks. *Ceramic matrix composite* yaitu jenis komposit berpenguat serat dengan keramik sebagai matriks.

Tabel 2.1 Jenis serat dengan kekuatan tarik dan tekannya (Mallick. 2007)

Compressive Strength of a Few Selected Reinforcing Fibers		
Fiber	Tensile Strength ^a (GPa)	Compressive Strength ^a (GPa)
E-glass fiber	3.4	4.2
T-300 carbon fiber	3.2	2.7–3.2
AS 4 carbon fiber	3.6	2.7
GY-70 carbon fiber	1.86	1.06
P100 carbon fiber	2.2	0.5
Kevlar 49 fiber	3.5	0.35–0.45
Boron	3.5	5

Source: Adapted from Kozey, V.V., Jiang, H., Mehta, V.R., and Kumar, S., *J. Mater. Res.*, 10, 1044, 1995.

^a In the longitudinal direction.

2.5 Polymer Matrix Composites

Polimer didefinisikan sebagai panjang - rantai molekul yang mengandung satu atau lebih berulang unit atom yang bergabung melalui ikatan kovalen yang kuat.

Polymer matrix composites (PMC) terdiri dari resin polimer sebagai matriks, dengan serat sebagai media penguatan. *Polymer matrix composites* (PMC) adalah jenis komposit yang paling banyak digunakan dikarenakan kelebihan yang dimiliki antara lain biaya pembuatan yang relatif murah, kemudahan pembuatan (fabrikasi) dan sifat dapat terbentuk pada suhu kamar. Klasifikasi PMC dibagi sesuai dengan jenis penguatan yaitu *glass fiber*, *carbon fiber* serta *aramid* (D. Callister.2009).

2.5.1 Glass Fiber Reinforced Polymer

Glass fiber reinforced polymer adalah sebuah gabungan yang terdiri dari serat kaca, baik terus menerus atau terputus-putus, yang terkandung dalam matriks polimer. Jenis komposit ini adalah komposit yang diproduksi dalam jumlah terbesar. Serat kaca adalah serat yang paling umum digunakan untuk komposit matriks polimer (PMC). Keuntungan utama dari serat kaca yang murah, kekuatan tarik tinggi, ketahanan kimia yang tinggi, dan sifat isolasi yang sangat baik. Kerugiannya adalah modulus tarik relatif rendah dan kepadatan tinggi (antara serat komersial), kepekaan terhadap abrasi selama penanganan (yang sering menurunkan kekuatan tarik), ketahanan lelah relatif rendah, dan kekerasan tinggi (yang menyebabkan keausan berlebihan pada cetakan dan alat pemotong) (Mallick. 2007).



Gambar 2.2 Aplikasi *glass fiber reinforced polymer* pada *snowboard*
Sumber : Mazumdar (2002)

2.6 Glass Fiber

Serat gelas (*glass fiber*) adalah bahan yang tidak mudah terbakar. Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis polimer. Komposisi kimia serat gelas sebagian besar adalah SiO dan sisanya adalah oksida-oksida aluminium (Al), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan unsur-unsur lainnya. Serat kaca adalah yang paling umum dari semua serat penguat untuk komposit matriks polimer (PMC). Fungsi utama serat dalam komposit adalah (Mazumdar.2002):

1. Untuk membawa beban. Dalam komposit struktur, 70 – 90% beban diterima oleh serat.
2. Untuk memberikan kekakuan, kekuatan, stabilitas panas, dan sifat struktur lainnya dalam komposit.
3. Menyediakan penghantaran atau insulasi elektrik, tergantung pada jenis serat atau serbuk yang digunakan.

Tabel 2.2 Jenis serat dengan kekuatan tarik dan tekannya (Mazumdar. 2002)

TABLE 2.3
Typical Compositions of Glass Fibers (in wt%)

Type	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Na ₂ O
E-glass	54.5	14.5	17	4.5	8.5	0.5
S-glass	64	26	—	10	—	—

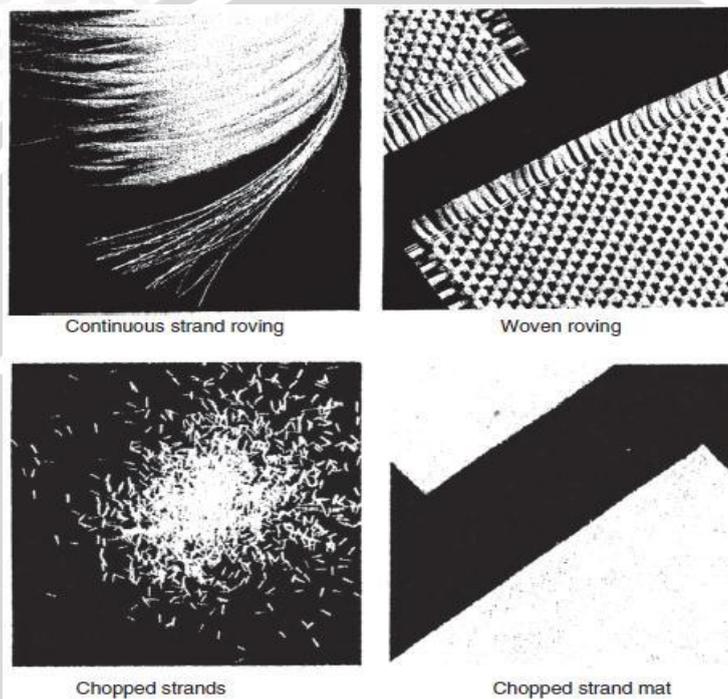
Berdasarkan jenisnya serat gelas dapat dibedakan menjadi *E-glass*, *S-glass*, dan *C-glass*. Dua jenis serat kaca yang biasa digunakan dalam komposit polimer diperkuat serat (FRP) industri adalah *E-glass* dan *S-glass*. Jenis lain, yang dikenal sebagai *C-glass*, digunakan dalam aplikasi kimia yang membutuhkan ketahanan korosi yang lebih besar untuk asam daripada dari *E-glass*.

Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Santoso, 2002).

1. *Roving*, berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.
2. *Woven Roving (WR)*, serat gelas jenis anyaman (*woven roving*) mempunyai bentuk seperti anyaman tikar, serat gelas yang teranyam dibuat saling bertindih secara selang seling ke arah vertikal dan horisontal (0° dan 90°). Pemakaiannya dalam konstruksi terutama pada pembuatan frame, bak mandi, bodi mobil, pembuatan kapal dan lain-

lain. Serat jenis ini sedikit kaku, sehingga agak sulit dibentuk terutama untuk membentuk pada bagian yang berlekuk tajam.

3. *Chopped Strand Mat (CSM)*, berupa serat gelas acak (random) yang teranyam bertindih secara tidak teratur ke segala arah (*unidirectional*). Serat ini mempunyai panjang serat yang relatif lebih pendek dari panjang serat *woven roving*. Karena lebih fleksibel dari *woven roving* pemakaian serat ini biasa digunakan untuk bagian yang berlekuk tajam dan untuk menambal bodi mobil atau kapal yang rusak.



Gambar 2.3 Jenis-jenis *glass fiber* yang sering digunakan dalam dunia industri
Sumber : Mallick (2007)

2.7 Matriks

Matriks adalah bahan yang mengelilingi serat dan melindungi serat. Karena serat adalah pembawa beban maksimum maka matriks harus memiliki modulus lebih rendah dan pemanjangan lebih besar dari serat. Pemilihan matriks dilakukan berdasarkan sifat kimia, sifat termal, sifat listrik, mudah terbakar atau tidak, lingkungan, biaya, kinerja, dan persyaratan manufaktur lainnya (Mazumdar.2002).

Fungsi penting material matriks (Harris.1999):

- Matriks mengikat serat dan menahannya selaras dalam arah atau orientasi yang telah ditentukan. Beban yang diberikan pada komposit kemudian ditransfer ke dalam serat, melalui matriks, memungkinkan komposit untuk menahan kompresi, beban lentur dan gaya geser serta beban tarik.

- Matriks juga harus mengisolasi serat dari satu sama lain sehingga mereka dapat bertindak sebagai entitas yang terpisah. Banyak serat penguat adalah padatan rapuh dengan kekuatan sangat bervariasi. Manfaat tambahan bahwa agregat serat tidak gagal serempak.
- Matriks melindungi filamen memperkuat dari kerusakan mekanik (misalnya, Abrasi) dan dari pengaruh lingkungan.
- Sebuah matriks ulet akan menyediakan sarana memperlambat atau menghentikan retak yang mungkin berasal di serat patah: sebaliknya, matriks rapuh mungkin tergantung pada serat untuk bertindak sebagai sumbat matriks retak.
- Melalui kualitas 'pegangan' pada serat (kekuatan ikatan antar muka), matriks juga dapat menjadi sarana penting untuk meningkatkan kekasaran komposit.
- Dibandingkan dengan filamen penguat umum sebagian besar bahan matriks lemah dan fleksibel dan kekuatan dan modulus mereka sering diabaikan dalam menghitung sifat komposit. Tapi logam adalah bahan struktural di kanan mereka sendiri dan di MMC kekakuan geser melekat mereka dan kekakuan kompresi penting dalam menentukan perilaku komposit di geser dan kompresi.

2.7.1 Jenis Matriks

Secara garis besar jenis polimer yang sering digunakan untuk matriks dibagi menjadi dua yaitu :

1. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Nylons, *Polypropylene* (PP), *Polyetheretherketone* (PEEK), *Polyphenylene Sulfide* (PPS).

Keuntungan dari pemrosesan *thermoplastic* (Mazumdar.2002)

- Waktu siklus proses biasanya sangat singkat karena tidak ada reaksi kimia selama proses, dan karena itu dapat digunakan untuk metode produksi volume tinggi. Sebagai contoh, waktu siklus proses molding injection kurang dari 1 menit dan oleh karena itu sangat cocok untuk pasar otomotif di mana jenis persyaratan tingkat produksi biasanya tinggi.

- Komposit *thermoplastic* dapat dibentuk kembali dan direformasi dengan aplikasi panas dan tekanan.
- Komposit *thermoplastic* mudah untuk didaur ulang.

Kerugian dari pemrosesan *thermoplastic* (Mazumdar.2002)

- Komposit *thermoplastic* memerlukan perkakas berat dan kuat untuk pemrosesan. Selain itu, biaya perkakas sangat tinggi dalam pemrosesan *thermoplastic*.
- Komposit *thermoplastic* tidak mudah untuk diproses dan kadang-kadang memerlukan peralatan yang canggih untuk menerapkan panas dan tekanan.

2. *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis *thermoset* tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic*. Contoh dari *thermoset* yaitu *Epoxy*, *Phenolics*, *Polyesters*, *Vinylesters*, *Cyanate Esters*, *Bismaleimide (BMI)* and *Polyimide*, *Polyurethane*.

Keuntungan dari pemrosesan *thermoset* (Mazumdar.2002)

- Pengolahan komposit termoset jauh lebih mudah karena sistem resin awal dalam keadaan cair.
- Serat yang mudah basah dengan termoset, sehingga rongga dan porositas berkurang.
- Persyaratan panas dan tekanan tidak banyak dalam pengolahan komposit termoset daripada komposit termoplastik, sehingga memberikan penghematan energi.
- Sederhana, biaya perkakas rendah.

Kekurangan dari pemrosesan *thermoset* (Mazumdar.2002)

- Pengolahan komposit *thermoset* membutuhkan waktu pengeringan yang panjang dan dengan demikian menghasilkan tingkat produksi lebih rendah dari *thermoplastic*.
- Setelah kering dan dipadatkan, komposit *thermoset* tidak dapat direformasi untuk mendapatkan bentuk lainnya.

2.7.2 Resin Polyester

Polyester merupakan jenis resin *thermoset*. Karena berupa cair dengan viskositas rendah, *polyester* mengeras dalam suhu kamar dengan penambahan katalis. Sifat resin ini kaku dan rapuh, sedangkan suhu deformasi termalnya lebih rendah daripada resin *thermoset* lainnya karena banyak mengandung monomer *stiren*. Ketahanan panas jangka panjangnya sekitar 110° - 140° C (Wicaksono.2006).

Resin jenis ini dapat digunakan dalam pembuatan komposit dari proses sederhana seperti *hand layup* hingga proses yang kompleks. Resin jenis ini adalah resin yang banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relatif murah, *curing* yang cepat, warna yang jernih, dan kestabilan dimensionalnya (Bilmeyer.1984).

Tabel 2.3 Spesifikasi resin *unsaturated polyester* Yukalac 157 BQTN-EX (Justus Kimia Raya. 1996)

Item	Nilai Tipikal	Catatan
Densitas (gr/cm ³)	1.215	
Suhu distorsi panas (%)	70	
Penyerapan air (suhu ruangan) (%)	0,188	24 jam
	0,466	3 hari
Kekuatan Flexural (kg/mm ²)	9,4	
Modulus Flexural (kg/mm ²)	300	
Daya rentang (kg/mm ²)	5,5	
Modulus rentang (kg/mm ²)	300	
Elongasi (%)	1,6	

Resin yang digunakan sebagai matriks pada penelitian ini adalah resin *unsaturated polyester* Yukalac 157 BTQN-EX. Pada resin ini ditambahkan katalis untuk mempercepat pengerasan cairan resin (*curing*). Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat *curing* (Bilmeyer.1984).

2.7.3 Katalis

Katalis yang digunakan adalah *methyl ethyl keton peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik komposit. Semakin banyak katalis yang digunakan maka akan

mempercepat laju pengeringan. Tetapi jika katalis yang digunakan terlalu banyak maka akan berakibat sifat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya dibatasi berdasarkan kebutuhannya, pada saat penambahan katalis ke dalam resin maka akan timbul panas (60° - 90° C). Maka penambahan katalis dibatasi 1% dari volume resin (P.P. Justus Kimia Raya.2001).

2.8 Polymer Additives

Beberapa karakteristik yang mendasar untuk polimer dipengaruhi oleh struktur molekul. Untuk memodifikasi sifat mekanik, kimia, dan sifat fisik zat-zat asing yang disebut *additives* sengaja dimasukkan. *Additives* yang sering diberikan pada polymer yaitu *fillers*, *plasticizers*, *stabilizers*, *colorants*, dan *flame retardants*.

Fillers adalah bahan yang paling sering ditambahkan ke polimer untuk meningkatkan kekuatan tarik dan tekan, ketahanan abrasi, ketangguhan, stabilitas dimensi dan termal. Bahan yang digunakan sebagai pengisi partikulat termasuk bubuk kayu (bubuk serbuk gergaji), bubuk silika dan pasir, kaca, tanah liat, talk, kapur, dan bahkan beberapa polimer sintesis.

Fleksibilitas, keuletan, dan ketangguhan polimer dapat diperbaiki dengan bantuan aditif *plasticizer*. Kehadiran mereka juga menghasilkan penurunan kekerasan dan kekakuan. *Plasticizers* umumnya cairan yang memiliki tekanan uap rendah dan berat molekul rendah. Sementara *stabilizers* yaitu aditif yang fungsinya untuk mencegah proses kerusakan sifat mekanik yang berada dalam kondisi lingkungan normal.

Colorants yaitu aditif yang fungsinya memberi warna khusus untuk polimer, dapat ditambahkan dalam bentuk pewarna atau pigmen. Pigmen adalah bahan pengisi yang tidak larut, melainkan tetap sebagai fase terpisah biasanya pigmen memiliki ukuran partikel kecil dan indeks bias yang dekat dari polimer induk. *flame retardants* adalah aditif yang berfungsi mengganggu proses pembakaran melalui fase gas, atau dengan memulai pembakaran reaksi yang berbeda yang menghasilkan lebih sedikit panas, sehingga mengurangi suhu yang menyebabkan perlambatan atau penghentian pembakaran.

2.8.1 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu bahan pengisi alamiah yang banyak terdapat di negara – negara tropis seperti Indonesia, Malaysia, Thailand dan Srilangka. Tempurung kelapa merupakan salah satu bagian dari produk pertanian yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang dapat dijadikan sebagai basis usaha. Tempurung kelapa juga

merupakan senyawa organik sehingga dapat diuraikan oleh mikroorganisme (biodegradasi) secara alamiah di alam, dan juga salah satu sumber bahan pengisi alamiah yang potensial dan mempunyai prospek ekonomis tinggi. Hal ini berkaitan dengan perkembangan teknologi, faktor ekonomis dan isu – isu lingkungan. Komposisi kimia yang dimiliki oleh tempurung kelapa hampir sama dengan komposisi pada batang kayu. Perbedaan yang mendasak adalah pada tempurung kelapa kandungan lignin yang lebih tinggi dan mengandung selulosa yang lebih sedikit dibandingkan dengan batang kayu.

Tabel 2.4 Komposisi kimia tempurung kelapa (Sijabat.2013)

Komponen	Rumus Kimia	Persentase %
Selulosa	$(C_6H_{10}O_5)_n$	26,6
Hemiselulosa	$(C_5H_8O_4)_n$	12,34
Lignin	$[(C_9H_{10}O_3)(CH_3O)]_n$	29,4

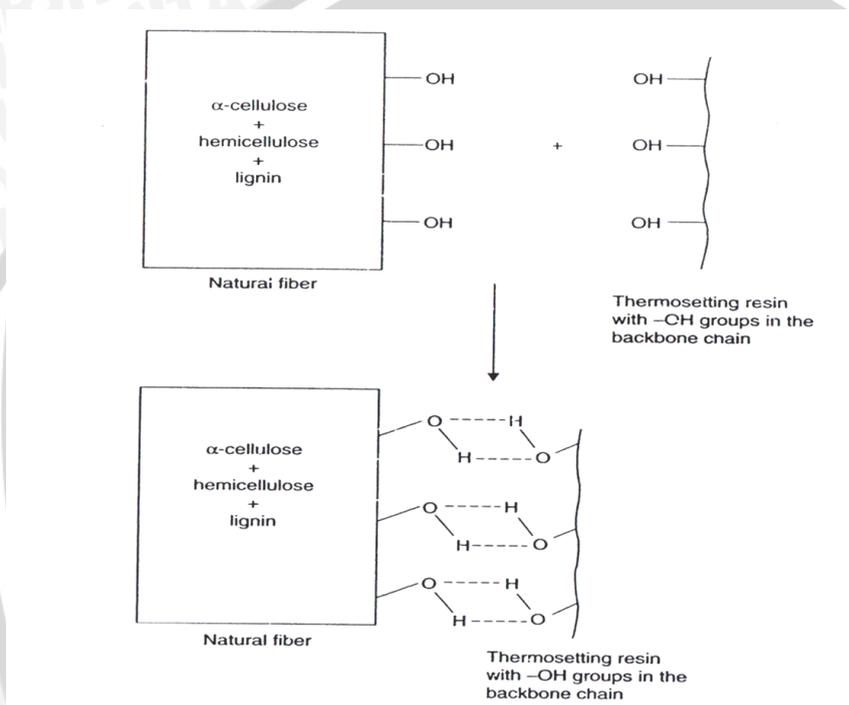
Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam melainkan berikatan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa. Lignin berikatan dengan hemiselulosa melalui ikatan kovalen.

Hemiselulosa adalah polisakarida yang berikatan dengan selulosa pada bagian tanaman yang telah mengalami delignifikasi. Hemiselulosa terutama terdapat pada bagian lamela tengah dari dinding sel tanaman. Kebanyakan hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi 100-200 (Sjostrom, 1995). Hemiselulosa tidak larut dalam air pada temperatur rendah. Kehadiran asam sangat meningkatkan kelarutan hemiselulosa dalam air.

Lignin merupakan fraksi non karbohidrat yang bersifat kompleks dan sulit dikarakterisasi. Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida. Adanya lignin mengakibatkan sifat kaku dan ketahanan tarik pada serat. Lignin dapat dioksidasi oleh larutan alkali dan bahan oksidator lain. Lignin tahan terhadap proses hidrolisis oleh asam-mineral tetapi mudah larut dalam larutan sulfit pada suhu kamar. Delignifikasi adalah salah satu proses pretreatment dimana proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH karena larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin, bagian kristalin dan

amorf, memisahkan sebagian lignin dan hemiselulosa serta menyebabkan pengembangan struktur selulosa

Sejauh ini ikatan antara natural fiber dan resin berfokus pada 3 faktor ikatan mekanis, ikatan molekular (fisikal) dan ikatan kimia diantara natural fiber dan resin. Kelompok hidroksil (-OH) pada rantai ikatan utama pada resin meberikan tempat untuk ikatan hidrogen pada permukaan natural fiber, yang mengandung banyak gugus hidroksil dalam struktur kimia. Kemungkinan ikatan antara resin dan serat alam di tunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.4 Ikatan yang dimungkinkan antara serat alami dan resin
Sumber : A.K Mohanty, 2005

2.9 Ayakan (*Mesh*)

Analisa ayakan adalah suatu pemeriksaan yang dilakukan untuk menentukan pembagian susunan ukuran butiran. Analisa ini dilakukan dengan pengayakan butiran yang telah dipisahkan terlebih dahulu kemudian diayak dengan ayakan yang diameternya telah diatur dan diayak dengan mesin penggetar. Mesh pada hal ini diartikan banyaknya bukaan atau lubang tiap satuan inch linear kawat ayakan (Heine.1976). Semakin besar mesh maka ukuran lubang yang mampu dilewati oleh butiran juga semakin kecil, sehingga ukuran butir ayakan juga semakin kecil juga. Pemeriksaan distribusi Uji sebaran/distribusi butiran digunakan alat penggoncang ayakan dengan mesh bertingkat, contoh mesin penggoncang Ro-Tap lengkap dengan ayakan tersusun bertingkat .

2.10 Pembuatan Komposit

Ada empat langkah dasar dalam proses manufaktur komposit pembersihan atau impregnasi, *lay-up*, *consolidation* dan *solidification*. Semua proses manufaktur komposit melibatkan empat langkah yang sama, meskipun mereka dilakukan dengan cara yang berbeda (Mazumdar.2002).

1. Impregnasi

Pada langkah ini, serat dan resin dicampur bersama-sama untuk membentuk lamina. Misalnya, dalam proses *filament winding*, serat melewati bak resin untuk peresapan. Dalam proses *wet lay-up*, seluruh bagian serat dibasahi dengan resin menggunakan roller atau kuas untuk peresapan yang tepat. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memastikan bahwa resin mengalir merata ke semua bagian serat. Viskositas, tegangan permukaan, dan kapilaritas adalah parameter utama yang mempengaruhi proses peresapan. Termoset lebih mudah untuk meresap karena memiliki viskositas lebih rendah daripada termoplastik.

2. Lay-Up

Pada langkah ini, laminasi komposit dibentuk dengan menempatkan campuran resin fiber atau prepregs pada sudut yang diinginkan dan di tempat-tempat yang dibutuhkan. Ketebalan komposit yang diinginkan dibentuk dengan menempatkan berbagai campuran lapisan serat dan resin. Dalam proses *lay-up prepreg*, *prepreg* diletakkan pada orientasi serat tertentu, baik secara manual ataupun dengan mesin. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mencapai arsitektur serat yang diinginkan sesuai desain. Kinerja struktur komposit sangat bergantung pada orientasi serat dan rangkaian *lay-up*.

3. Consolidation

Langkah ini adalah kontak langsung antara setiap lapisan prepreg atau lamina yang bertujuan untuk memastikan bahwa semua udara yang terperangkap dihilangkan di antara lapisan selama pemrosesan. *Consolidation* atau konsolidasi adalah langkah yang sangat penting dalam mendapatkan kualitas komposit yang baik. Bagian konsolidasi yang buruk akan terlihat dengan adanya rongga dan bintik-bintik kering. Konsolidasi komposit serat kontinu melibatkan dua proses penting yaitu aliran resin melalui media berpori dan deformasi elastis serat. Selama proses konsolidasi, tekanan diberikan pada struktur resin dan serat. Pada awalnya tekanan didapatkan sepenuhnya oleh resin (tanpa deformasi elastis

serat). Serat mengalami deformasi elastis ketika tekanan meningkat dan resin mengalir ke luar dari batasan.

4. *Solidification*

Langkah terakhir adalah pembekuan, yang mungkin memakan waktu kurang dari satu menit untuk termoplastik atau mungkin memakan waktu hingga 120 menit untuk termoset. Semakin rendah waktu pembekuan, semakin tinggi tingkat produksi dicapai oleh proses itu. Dalam komposit termoset, laju pembekuan tergantung pada formulasi resin dan kinetika pengeringan (*curing*). Panas disuplai selama pemrosesan untuk mempercepat tingkat pengeringan (*curing*). Dalam resin termoset, biasanya semakin tinggi suhu pengeringan (*curing*), semakin cepat proses pengeringannya. Dalam termoplastik, tidak ada perubahan kimia selama pembekuan dan karena pemadatan membutuhkan sedikit waktu. Dalam pengolahan termoplastik, laju pembekuan tergantung pada laju pendinginan proses. Dalam komposit termoset, suhu dinaikkan untuk mendapatkan pembekuan cepat, sedangkan dalam pengolahan termoplastik, suhu diturunkan untuk mendapatkan bagian yang kaku.

2.10.1 *Curing*

Curing atau pengeringan pada proses polimerisasi merupakan perubahan fase cair dan pasta menjadi padat. Proses ini dapat terjadi secara fisika karena adanya penguapan pelarut atau media pendispersi. *Curing* juga dapat terjadi karena perubahan kimia, terjadinya reaksi antara molekul-molekul yang relative kecil dengan fase cair atau pasta membentuk jaringan molekul yang lebih besar, padat, dan tidak mudah larut. Proses *curing* dapat dilakukan dengan reaksi polimerisasi yang bersifat eksotermis, lebih sederhana meskipun terkadang *curing* dalam polimerisasi ini perlu waktu yang lama.

2.10.2 *Postcuring*

Ikatan silang *cross-linking (curing)* untuk metode *open mold* pada suhu kamar kurang optimal, sehingga perlakuan *postcuring* pada suhu tinggi sering direkomendasikan. Dipanggang dalam oven selama beberapa jam pada suhu tinggi seringkali cukup untuk mencapai *curing* yang optimal, suhu dan waktu *postcuring* tergantung pada kualitas resin. Daftar periode *postcuring* yang diperlukan terhadap suhu panas defleksi (HDT) juga dikenal sebagai suhu defleksi di bawah beban, atau *deflection temperature under load*

(DTUL) yang diukur sesuai dengan ISO 75, Metode A dari sistem resin terdapat dalam gambar (Andressen.2001).

Tabel 2.5 Temperatur dan waktu perlakuan *postcuring* yang direkomendasikan (Andressen.2001)

Postcuring temperature		Postcuring time for indicated resin heat deflection temperature, h			
°C	°F	for HDT of 65°C (149°F)	for HDT of 85°C (185°F)	for HDT of 100°C (212°F)	for HDT of 130°C (265°F)
40	104	24	48	96	120
50	122	12	24	48	92
60	140	6	12	18	24
70	158	3	6	9	12
80	176	1.5	3	4	6

Dalam perlakuan *postcuring* tergantung pada tergantung pada kualitas resin, untuk jenis resin *polyester* nilai HDT sekitar 60°-205° C, sesuai pada data yang terdapat pada table 2.6 tentang karakteristik resin *thermoset polyester*.

Tabel 2.6 Karakteristik resin *thermoset polyester* (Mallick. 2007)

Typical properties of cast thermoset polyester resin (at 23° C)	
Density (g/cm ³)	1.1 - 1.43
Tensile Strength, Mpa (psi)	34.5 - 103,5 (5,000 - 15,000)
Tensile Modulus, Gpa (10 ⁶ psi)	2.1 - 3.45 (0,3 - 0,5)
Elongation, %	1 - 5
HDT, °C (°F)	60 - 205 (140 - 400)
Cure shrinkage, %	5 - 12

2.11 Metode Manufaktur

Dalam hal aplikasi komersial, lebih dari 75% dari semua komposit terbuat dari komposit termoset. Aplikasi komposit digunakan di bidang ruang angkasa, otomotif, kelautan, perahu, dan barang olahraga. Ada beberapa metode pembuatan komposit dominan yang tersedia di pasar, masing-masing terdapat keuntungan dan keterbatasan. Diantaranya yaitu *Prepreg Lay-Up*, *Wet Lay-Up*, *Spray-Up*, *Filament Winding*, *Pultrusion*, *Resin Transfer Molding*, *Structural Reaction Injection Molding*, *Compression Molding*, *Roll Wrapping*, *Injection Molding* (Mazumdar.2002).

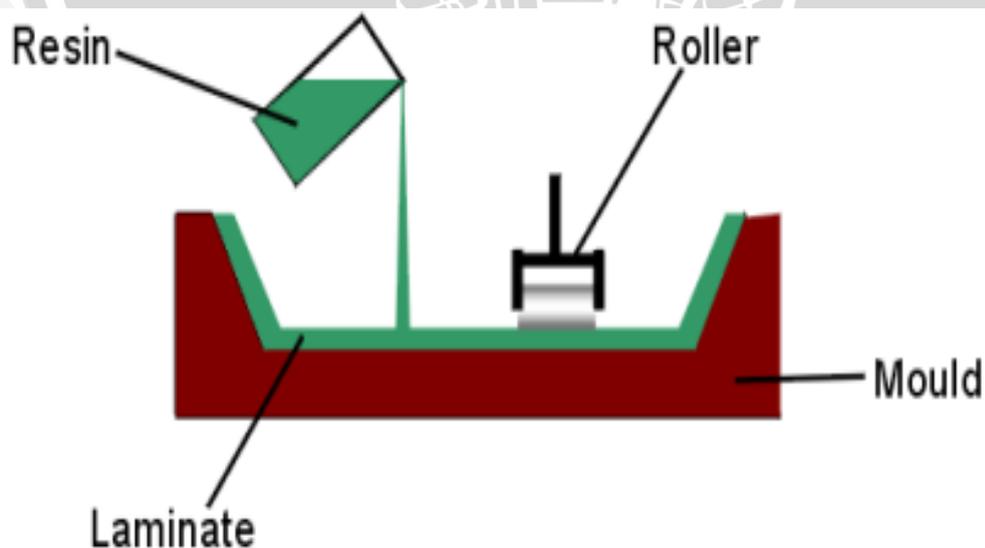
Prepreg Lay-Up dan *Wet Lay-Up* sebenarnya metode manufaktur komposit yang namun yang membedakan pada *Prepreg Lay-Up* fiber yang digunakan adalah fiber yang telah di impregnasi atau biasa disebut *pre-preg* sedangkan pada metode *Wet Lay-Up* belum. Ada tiga macam metode pembuatan komposit yang sering digunakan (Agustian,2014) yaitu

1. *Hand Lay-Up* (*Prepreg Lay-Up* dan *Wet Lay-Up*)
2. *Spray-Up*
3. *Injection Molding*

2.11.1 *Hand Lay-Up*

Proses pembuatan komposit dengan metode ini merupakan cara yang paling sederhana karena dilakukan dengan cara manual. Pada metode ini biasanya digunakan resin thermoset sebagai matriksnya. Cetakan yang digunakan harus bersih dan mempunyai permukaan yang halus agar hasil yang diperoleh maksimal.

Dalam metode ini dilakukan pengerjaan lapisan sehingga diperoleh ketebalan yang diinginkan. Dimana setiap lapisan terdiri dari matriks yang telah dicampur dengan serat dan katalis. Setelah mencapai ketebalan diinginkan, proses selanjutnya adalah meratakan permukaan dengan roller. Roller ini digunakan sampai permukaan menjadi rata dan tidak ada udara yang terjebak di dalamnya.



Gambar 2.5 *Hand Lay Up Method*
Sumber : UNSW Sydney (2013)

2.11.2 *Spray-Up*

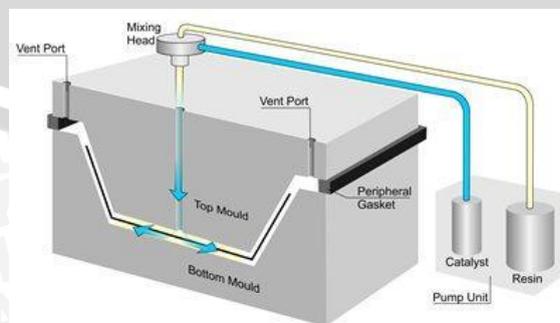
Dalam pembuatan komposit dengan metode spray up ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot berisi resin, katalis, dan potongan serat yang secara bersamaan disemprotkan ke cetakan. Kelebihannya adalah hemat dalam penggunaan resin dan *filler*, peralatan yang dipakai murah. Kekurangan dari metode ini resin yang dipakai harus mempunyai viskositas rendah, hanya dapat dipakai untuk filler berbentuk partikel dan serat pendek acak dan dapat membahayakan kesehatan karena adanya kemungkinan partikel partikel resin yang terhirup selama proses penyemprotan.



Gambar 2.6 *Spray Up Method*
Sumber : Mazumdar (2002)

2.10.3 *Injection Molding*

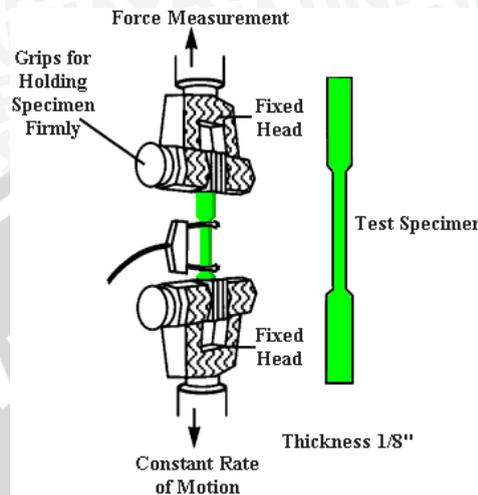
Injection molding merupakan metode yang paling sering dan banyak digunakan dalam manufaktur komposisi resin thermoplastic. Metode ini dilakukan dengan cara memberi tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastic yang telah dilelehkan oleh sejumlah energy panas untuk dimasukkan ke dalam cetakan sehingga didapat bentuk yang diinginkan.



Gambar 2.7 *Injection Molding method*
Sumber : Nuplex Industries (2014)

2.12 Pengujian kekuatan tarik (tensile strenght)

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai patah. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing machine* (standar ASTM D 638).



Gambar 2.8 Pengujian kekuatan tarik

Sumber : Testindo (2015)

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain : (Surdia, 1995).

a. Temperatur

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.

b. Kelembapan

Pengaruh kelembapan ini akan mengakibatkan bertambahnya absorbsi air, akibatnya akan menaikkan regangan patah sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

c. Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan jika laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{A} \quad (2-1)$$

(sumber : Khurmi, 2002)

Keterangan :

- P_{\max} = beban tarik maksimum (N)
 A = luas penampang saat patah (mm^2)
 σ_u = kekuatan tarik *ultimate* (MPa)

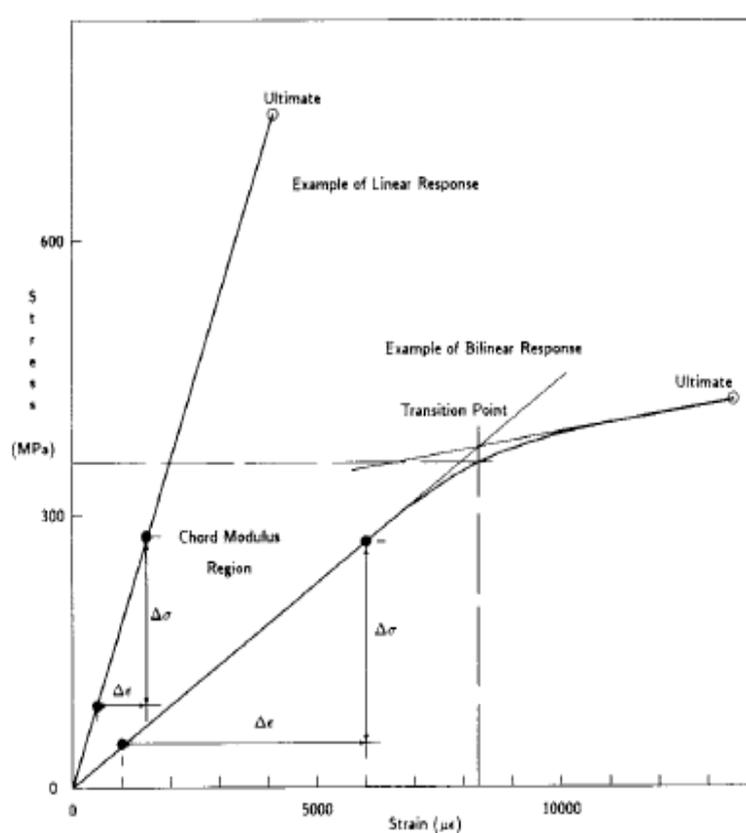
Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang awal.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-2)$$

(sumber : Khurmi, 2002)

Keterangan :

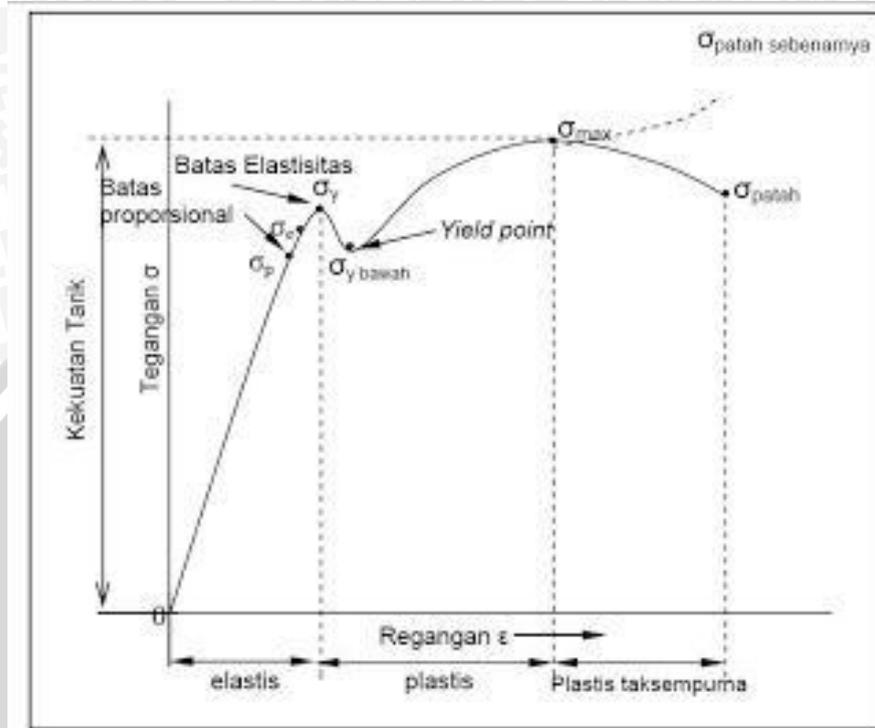
- ε = regangan (mm/mm)
 ΔL = pertambahan panjang (mm)
 L_0 = panjang awal (mm)



Gambar 2.9 Tensile stress-strain curves

Sumber : Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials ASTM D 638

Hubungan tegangan regangan dapat diketahui pada diagram tegangan regangan berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian tarik. Pada pengujian tarik material atau spesimen diberikan pertambahan beban tarik secara aksial dan kotinyu dan dilakukan pengamatan pertambahan panjang.



Gambar 2.10 Diagram Tegangan Regangan secara umum

Sumber : Ardi (2012)

Dari diagram diatas dapat diperoleh:

- Titik luluh (yield) merupakan titik tempat tegangan dan regangan bertambah tanpa disertai dengan penambahan beban.
- Titik ultimate merupakan tegangan tertinggi yang dapat dicapai oleh benda tersebut.
- Titik putus merupakan tempat dimana benda atau materia tersebut sudah tidak mampu lagi diberikan penambahan beban.

Jika pada proses pengujian dihasilkan diagram tegangan regangan yang tidak memperlihatkan titik yield maka cara mencarinya yaitu dengan menggunakan metode offset. Metode offset merupakan metode yang digunakan untuk mencari titik yield dengan jalan menarik garis lurus (garis offset) yang sejajar dengan diagram tegangan regangan yang digunakan sebagai acuan dengan jarak 0,002 atau 0,2%.

2.13 Hipotesis

Menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan juga kajian pustaka di atas maka dapat dibuat hipotesis bahwa kekuatan tarik dari komposit *fiber reinforced composites (FRP)* akan meningkat seiring meningkatnya *mesh fillers* yang diberikan serta perlakuan *postcuring* yang dilakukan. Hal ini karena semakin kecil ukuran butir pengisi komposit maka luas kontak permukaan antar butir semakin luas, yang berarti lebih banyaknya bidang kontak yang terbentuk diantara matrik dan penguat, sehingga distribusi perpindahan beban akan semakin baik. Kondisi ikatan permukaan ini mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kekuatan komposit. Selain itu spesimen dengan perlakuan pemanasan lanjut setelah proses *curing* pada suhu ruangan (*postcuring*) akan meningkatkan kekuatan komposit hal ini dikarenakan proses *curing* akan optimal yang menyebabkan ikatan silang (*cross linking*) pada komposit juga optimal.



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental sebenarnya yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk tempurung kelapa sebagai *filler* pada komposit *GRFP* dengan perlakuan *postcuring* terhadap kekuatan tarik.

3.1 Tempat Pengambilan Data Penelitian

Data yang diambil dalam penyusunan skripsi ini di peroleh dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Struktur Universitas Negeri Malang.

3.2 Variabel Yang Diteliti

3.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, besarnya ditentukan sebelum penelitian. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah

- Ukuran mesh 250, 180, 140, 125, 100 μm
- Perlakuan
- Postcuring
- Tanpa Postcuring

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah

- Kekuatan tarik

3.2.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah

- Fraksi volume filler serbuk tempurung kelapa 20 %
- Metode pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up*.
- Jumlah layer serat yang digunakan satu layer.

- Jenis resin adalah resin *polyester*.
- Prosentase katalis MEKPO sebesar 1% dari volume resin.
- Perlakuan *postcuring* pada 80° C selama 1,5 jam.
- Kadar NaOH 5 % saat perendaman serbuk tempurung kelapa
- Waktu perendaman serbuk selama 2 jam

3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.3.1 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan digital

Digunakan untuk menimbang serat dan serbuk tempurung kelapa.



Gambar 3.1 Timbangan digital

2. Mesin uji tarik

Mesin uji tarik yang digunakan adalah *universal tensile testing machine* sebagai alat pengujian kekuatan tarik komposit.



Gambar 3.2 Mesin uji tarik

3. *Syringe*

Digunakan untuk mengambil jumlah kadar katalis.



Gambar 3.3 *Syringe*

4. Dapur Listrik

Untuk memanaskan specimen pada perlakuan *postcuring*.



Gambar 3.4 Dapur Listrik

5. Alat Penumbuk

Digunakan untuk menghaluskan tempurung kelapa



Gambar 3.5 Penumbuk

6. Mesin Pengguncang Rotap

Digunakan untuk menentukan ukuran serbuk tempurung kelapa



Gambar 3.6 Mesin Pengguncang Rotap

7. Jangka Sorong



Gambar 3.7 Jangka sorong

3.3.2 Bahan Penelitian

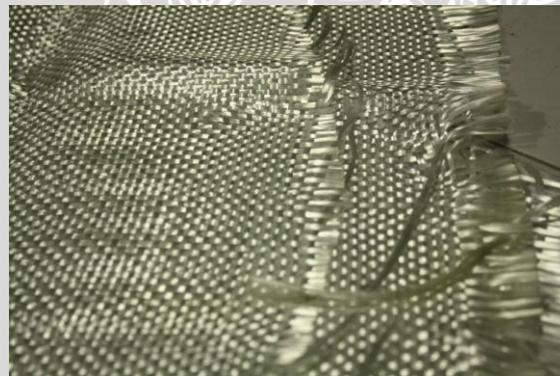
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Polyester* resin yukalac 157 BQTN

Matrik yang digunakan adalah *polyester* resin yukalac 157 BQTN dengan bahan tambahan katalis.

2. Serat fiber *E- Glass* jenis *woven roving*

Sebagai serat dalam komposit.



Gambar 3.8 Serat fiber *E- Glass* woven roving

3. Katalis

Katalis yang digunakan adalah katalis MEKPO, sebagai bahan pengeras matrik.

4. Serbuk tempurung kelapa



Gambar 3.9 Serbuk tempurung kelapa

3.4 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pembuatan spesimen bahan komposit pada penelitian ini adalah:

1. Membuat cetakan dengan pemberian toleransi pada spesimen, agar spesimen yang terbentuk dapat dilakukan finishing dan sesuai dengan dimensi yang diinginkan.
2. Menyiapkan serbuk tempurung kelapa yang telah dihaluskan dan diayak sesuai mesh yang ditentukan yaitu 250 μm , 180 μm , 140 μm , 125 μm , 100 μm
3. Merendam serbuk tempurung kelapa menggunakan larutan (H_2O) dan (NaOH) dengan kadar 5 % selama 2 jam
4. Meringkan serbuk tempurung kelapa dalam dapur dengan suhu 110⁰ selama 2 jam.
5. Memosisikan serat fiber pada cetakan sesuai yang diinginkan.
6. Menimbang resin pada gelas ukur sesuai volume yang telah ditetapkan dengan variable yang ditetapkan secara bergantian.
7. Mengambil katalis dengan menggunakan *syringe*.
8. Memasukkan serbuk tempurung kelapa pada wadah dan timbang sesuai prosentase fraksi yang telah ditetapkan.
9. Mencampur resin, katalis 1%, dan filler lalu aduk hingga merata sampai distribusi ketiga komponen merata.
10. Mengolesi cetakan dengan *mirror glaze*.
11. Menuangkan pada cetakan dan tunggu hingga specimen mengering (8 jam pada suhu ruangan).
12. Mengulangi langkah 1 sampai 11 pada variasi ukuran filler yang ditentukan.
13. Setelah specimen jadi, mepaskan dari cetakan lalu lakukan *postcuring* pada 80°C selama 1,5 jam.
14. Melakukan finishing agar specimen sesuai dengan dimensi yang sudah ditetapkan.

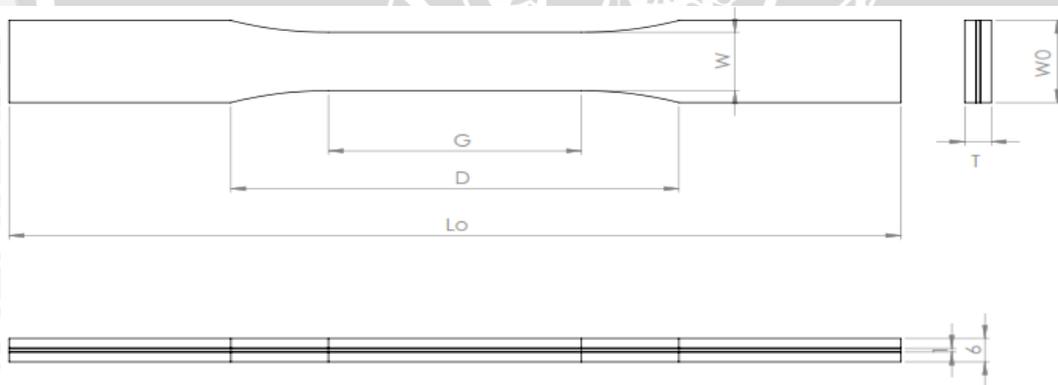
3.5 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besar kekuatan tarik dari bahan material komposit. Pengujian dilakukan dengan mesin “*Universal Testing Machine*”. Ketentuan ukuran spesimen uji tarik menggunakan ASTM D 638 yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik

Dimensions	type I	tolerance
W-width of narrow section	13 mm	$\pm 0,5$ mm
L-Legth of narrow section	57 mm	$\pm 0,5$ mm
WO- widht overall	19 mm	+ 6,4 mm
LO-leght overall	165 mm	no max mm
G-gage length	50 mm	$\pm 0,25$ mm
D-distance between grips	115 mm	± 5 mm
R-radius of fillet	76 mm	± 1 mm

Di bawah ini adalah gambar spesimen pengujian kekuatan tarik berdasarkan standar ASTM D 638

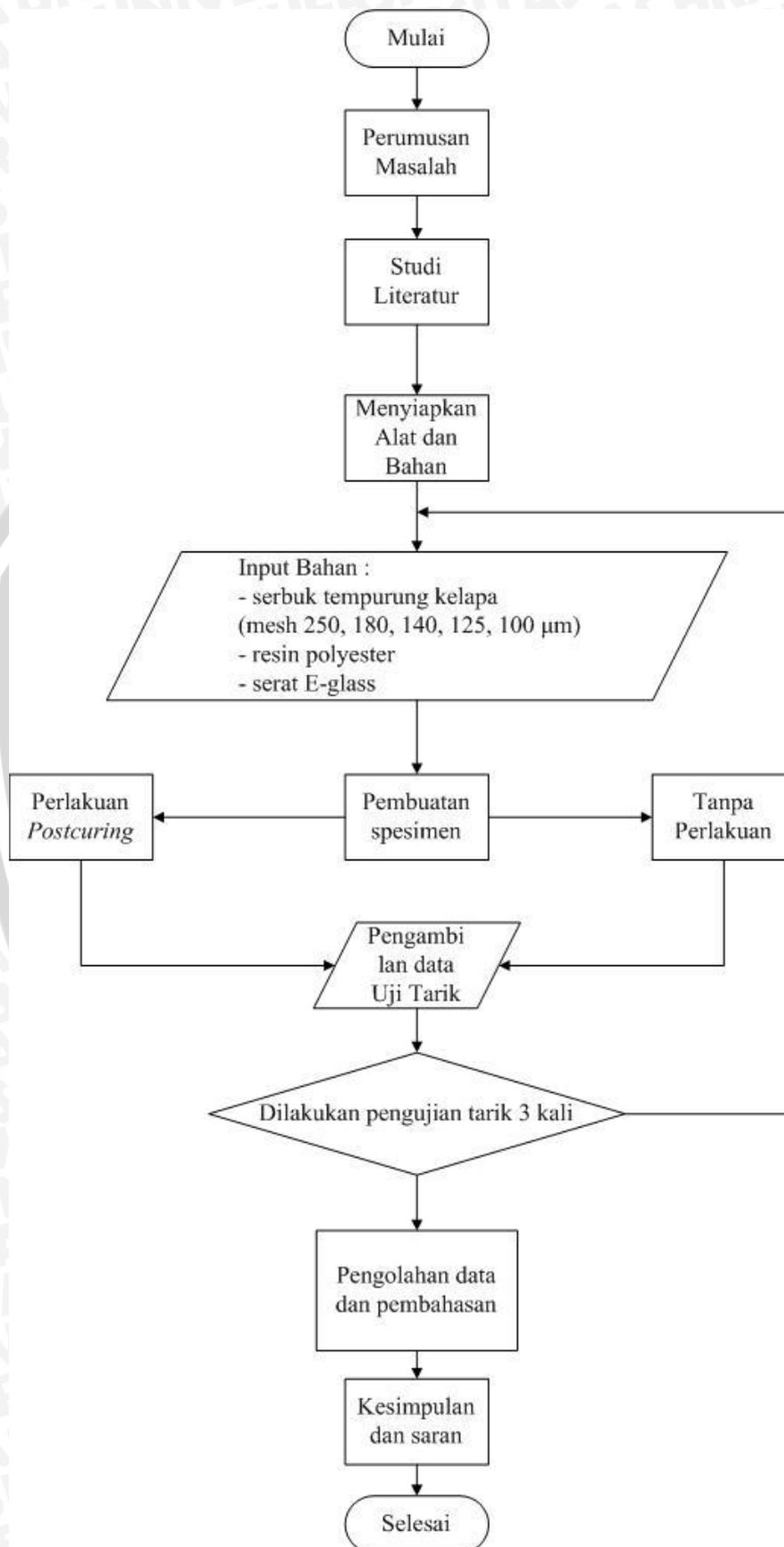


Gambar 3.10 Spesimen pengujian tarik

Langkah-langkah pengujian tarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur panjang penampang spesimen yang akan diuji.
2. Menyiapkan mesin uji tarik yang akan digunakan.
3. Memasang spesimen dan pastikan terjepit dengan benar.
4. Menyalakan mesin uji tarik.
5. Mengamati dengan teliti beban dan pertambahan panjang sampai spesimen patah.

3.6 Diagram Alir Penelitian



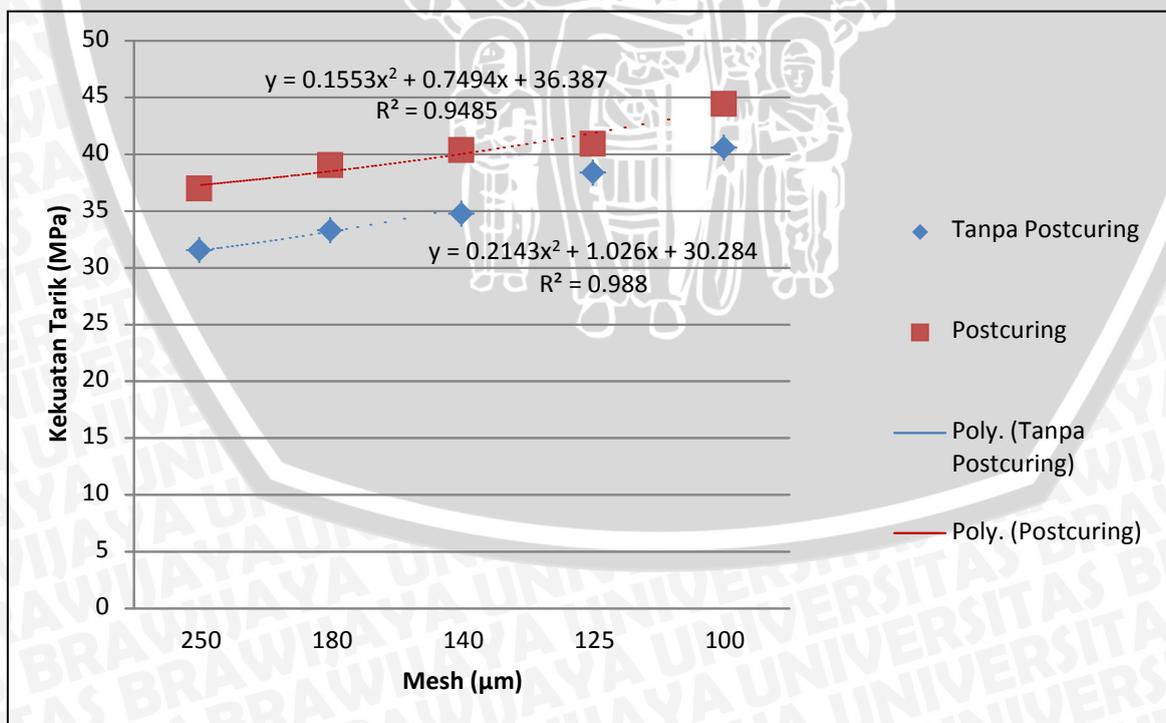
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian tarik didapatkan dari pengujian yang menggunakan alat *universal testing machine* di Laboratorium Struktur Universitas Negeri Malang. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai beban dan pertambahan panjang pada spesimen yang kemudian diolah sehingga didapatkan nilai dari kekuatan tarik spesimen.. Nilai kekuatan tarik dari spesimen tersebut didapatkan dari hasil bagi antara beban maksimum dengan luas penampang awal spesimen, sesuai dengan rumus dibawah ini:

(sumber : Khurmi, *Strength of Material*, 2002)

Dengan: σ = kekuatan tarik komposit (N/mm^2)
 P_{\max} = beban maksimum (N)
 A = luas penampang spesimen (mm^2)

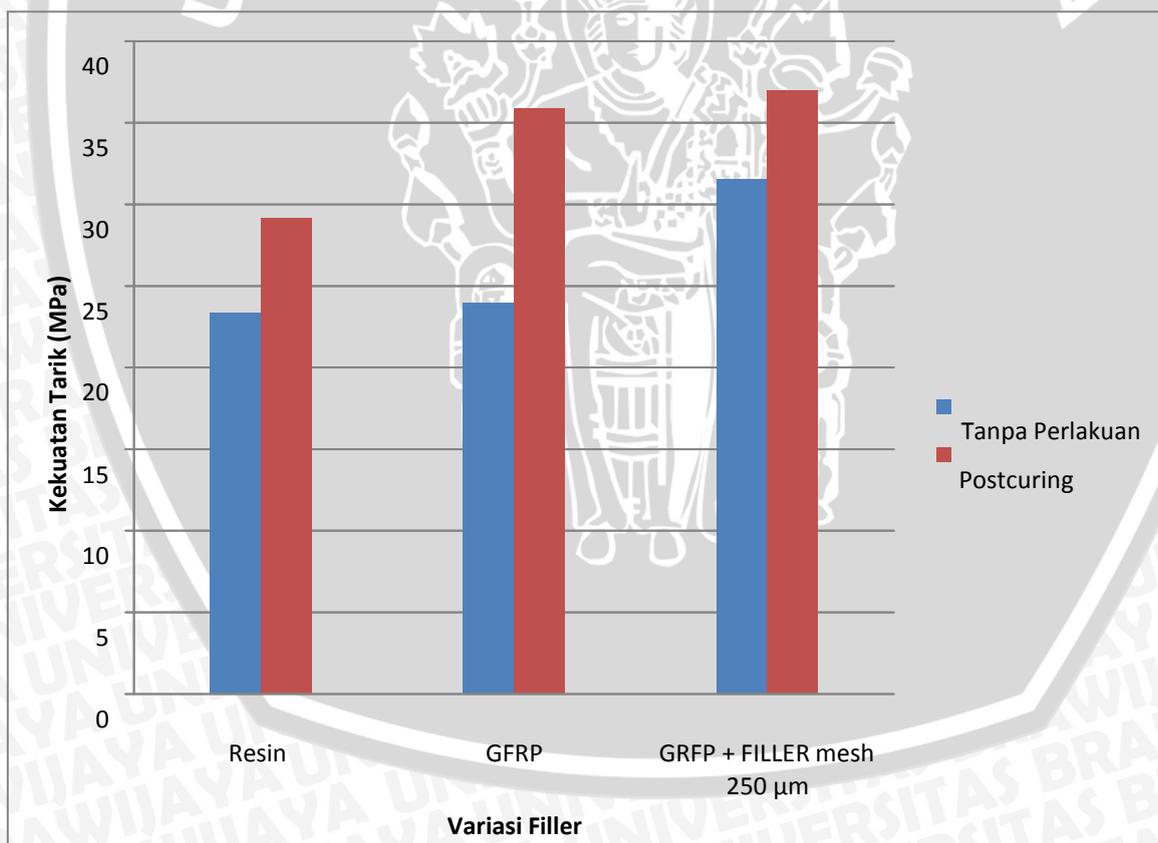


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Variasi Ukuran Serbuk terhadap Kekuatan Tarik Komposit



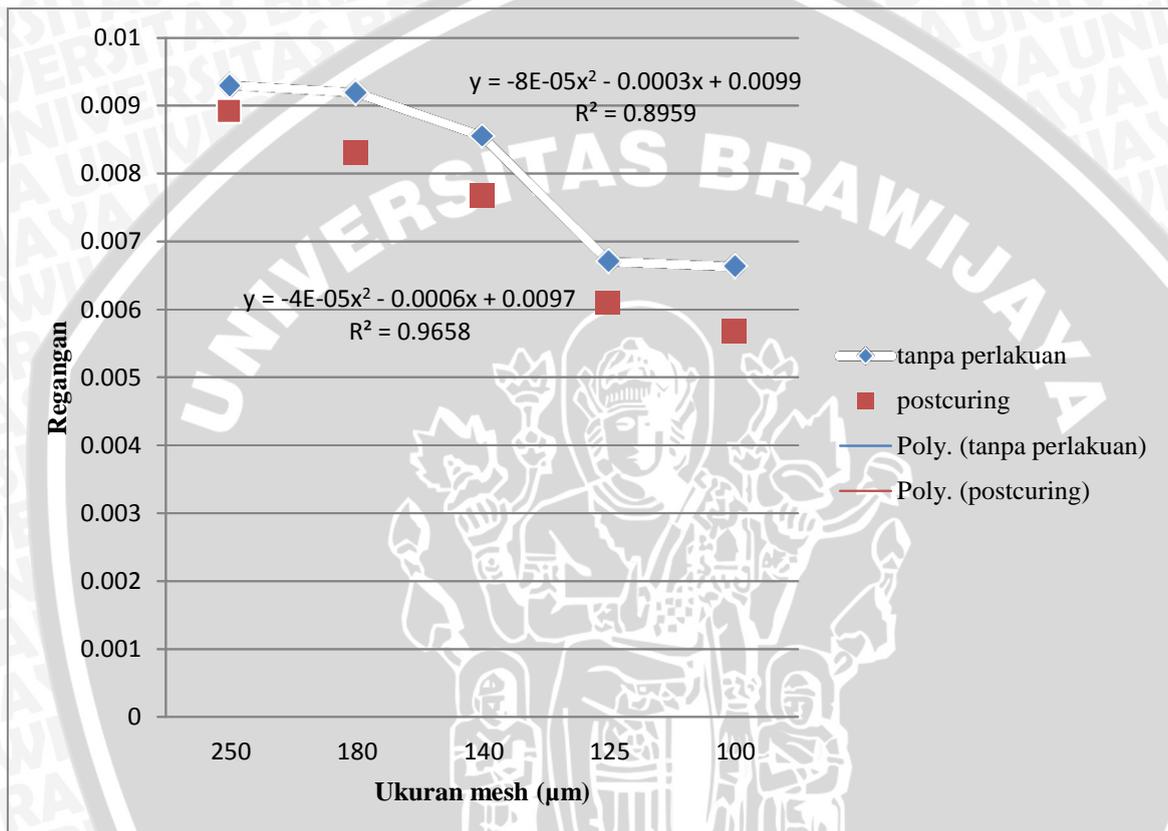
Dari gambar 4.1 dapat dilihat pengaruh ukuran butir serbuk tempurung kelapa sebagai *filler* komposit *GFRP* terhadap kekuatan tarik. Dari grafik ditunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai *mesh* atau semakin kecilnya ukuran butir yang diberikan pada *reinforcement fiber* terjadi peningkatan pada kekuatan tarik komposit. Pada grafik terlihat bahwa pada spesimen berpenguat / *reinforcement* dengan ukuran *filler* 250 μm tanpa perlakuan memiliki nilai kekuatan tarik yaitu 30,07 MPa. sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi spesimen tanpa perlakuan yaitu sebesar 40,57 MPa terdapat pada variasi ukuran *filler* 100 μm .

Hal yang sama ditunjukkan oleh kecenderungan grafik spesimen dengan perlakuan *postcuring*. Dari grafik tersebut kecenderungan grafik meningkat seiring dengan semakin kecilnya ukuran butir *filler*. Pada spesimen dengan perlakuan *postcuring* pada spesimen dengan ukuran *filler* 250 μm didapat nilai 36,97 MPa dan tertinggi pada spesimen dengan ukuran *filler* 100 μm yaitu 44,44 MPa.



Gambar 4.2 Diagram Perbandingan Spesimen Tanpa Penambahan *Filler* dan Spesimen dengan Penambahan *Filler* terhadap *Tensile Strength*

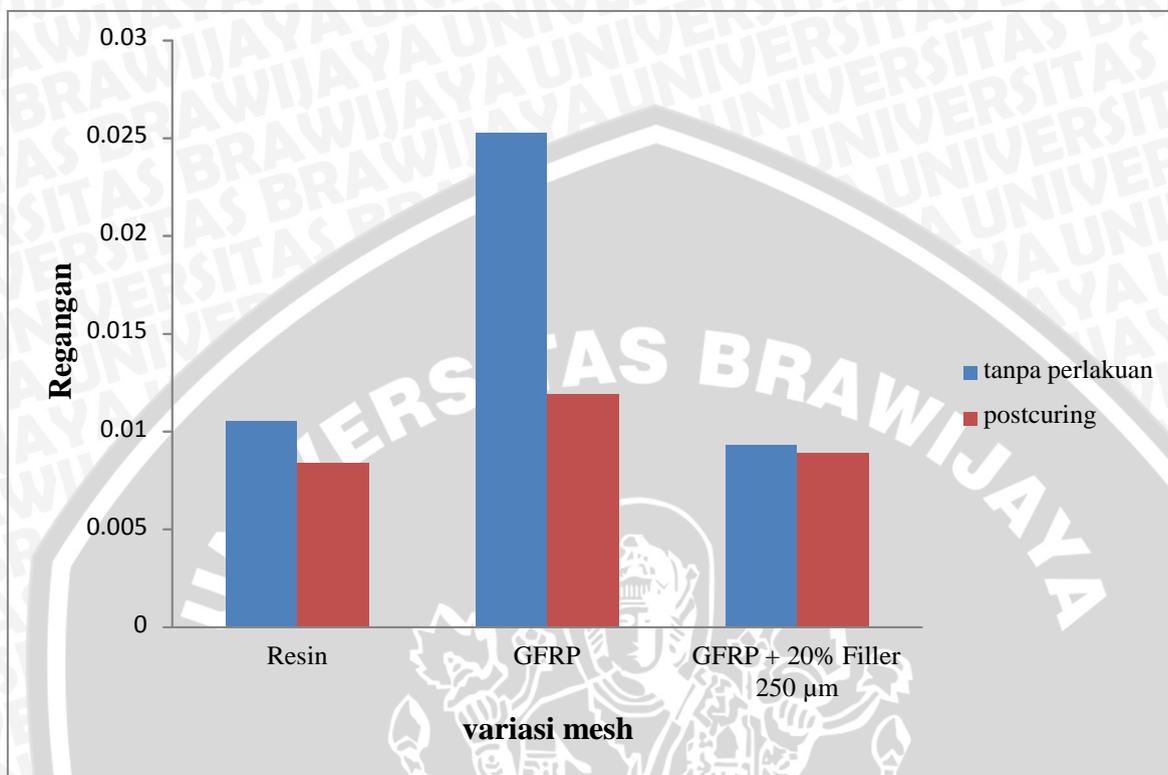
Dari Gambar 4.2 dapat dilihat perbandingan spesimen tanpa penambahan *filler* dan spesimen dengan penambahan *filler*. Dari Gambar tersebut menunjukkan pengaruh penambahan *filler* sebagai penguat pada spesimen komposit, dimana komposit tanpa *filler* serta tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik terendah yaitu 22.36 MPa dan kekuatan tarik tertinggi pada spesimen dengan penambahan *filler* perlakuan *postcuring* sebesar 36.97 MPa. Pada diagram tersebut variasi *filler* yang digunakan yaitu ukuran 250 μm .



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Variasi Ukuran Serbuk terhadap Regangan Komposit

Dari gambar 4.3 dapat dilihat pengaruh ukuran butir serbuk tempurung kelapa sebagai *filler* komposit *GFRP* terhadap besar regangan komposit. Dari grafik ditunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai *mesh* atau semakin kecilnya ukuran butir yang diberikan pada *reinforcement fiber* terjadi penurunan besar regangan pada komposit dengan ukuran *filler* 250 μm sampai dengan ukuran *filler* 100 μm . Pada grafik terlihat bahwa pada spesimen berpenguat / *reinforcement* dengan ukuran *filler* 250 μm tanpa perlakuan memiliki nilai regangan yaitu 0.0093 dan ukuran *filler* 100 μm memiliki nilai regangan 0,0066. Sedangkan pada spesimen berpenguat / *reinforcement* dengan ukuran

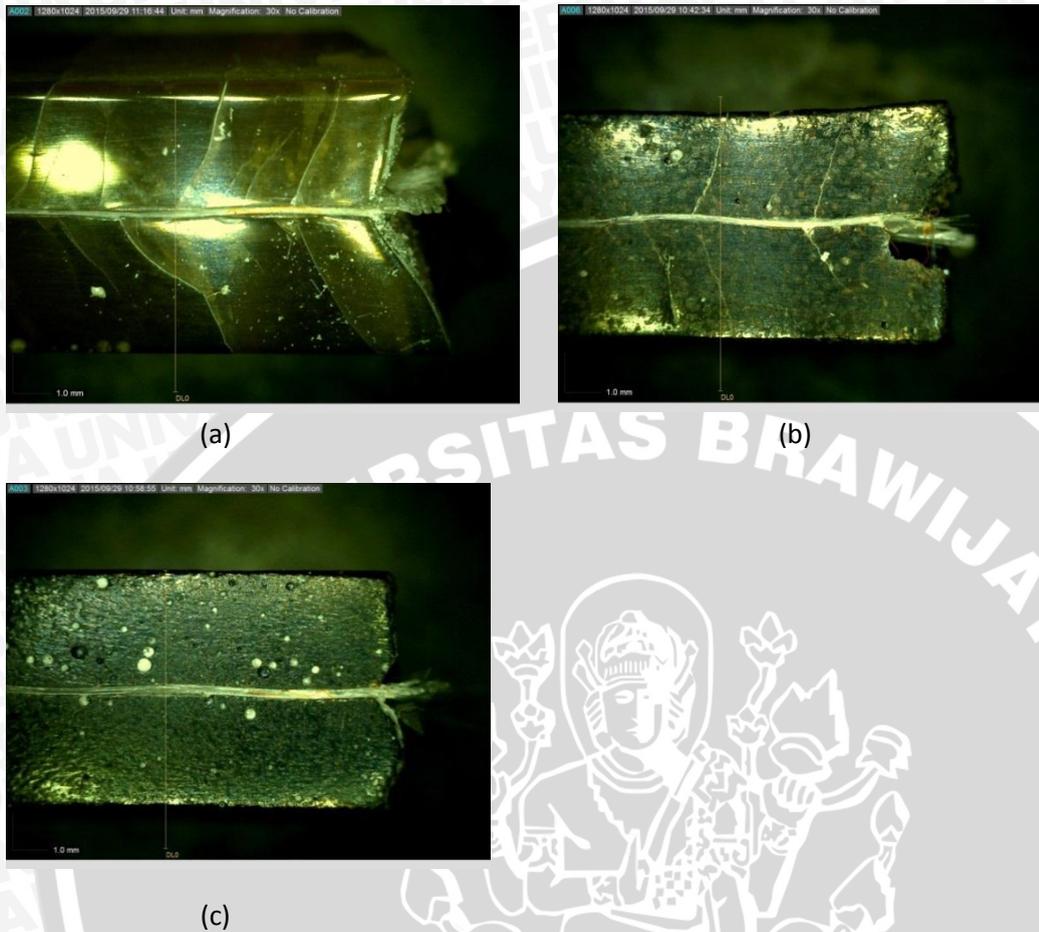
filler 250 μm dengan perlakuan *postcuring* memiliki nilai regangan yaitu 0.0089 dan mesh ukuran *filler* 100 μm memiliki nilai regangan 0,0057.



Gambar 4.4 Diagram Perbandingan Spesimen Tanpa Penambahan *Filler* dan Spesimen dengan Penambahan *Filler* terhadap Regangan (*Strain*)

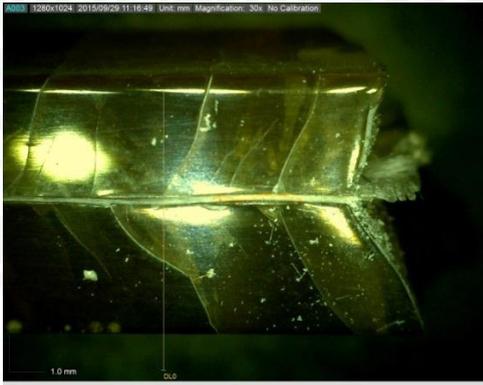
Dari Gambar 4.4 dapat dilihat perbandingan spesimen tanpa penambahan *filler* dan spesimen dengan penambahan *filler*. Dari Gambar tersebut menunjukkan pengaruh penambahan *filler* sebagai penguat pada spesimen komposit, dimana spesimen resin tanpa perlakuan memiliki besar regangan yaitu 0,0105 dan regangan tertinggi pada spesimen *GFRP* tanpa perlakuan sebesar 0,0253. Pada diagram tersebut variasi *filler* yang digunakan yaitu ukuran *filler* 250 μm .

4.2 Pembahasan

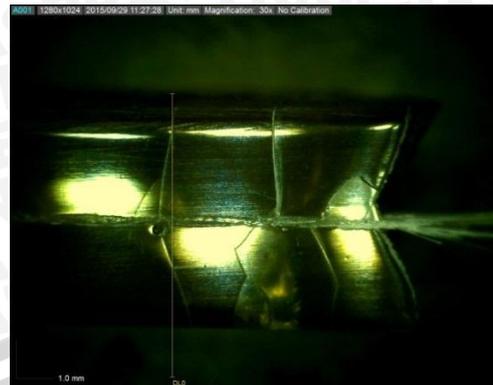


Gambar 4.5 Foto sisi samping spesimen uji tarik (a) spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x (b) spesimen dengan filler *filler* 250 μm perbesaran 30x (c) spesimen dengan *filler* 100 μm perbesaran 30x

Dari gambar 4.5 dapat dilihat perbedaan tampak samping spesimen uji tarik tanpa perlakuan postcuring dengan perbesaran 30x. Pada gambar terlihat spesimen tanpa filler memiliki jumlah retakan yang paling banyak dibandingkan dengan spesimen berpengisi. Dari gambar tersebut juga diperoleh informasi perbedaan jumlah retakan antara spesimen dengan *filler* 250 μm dan *filler* 100 μm dimana jumlah retakan berkurang pada spesimen dengan ukuran filler yang lebih kecil atau *filler* 100 μm .



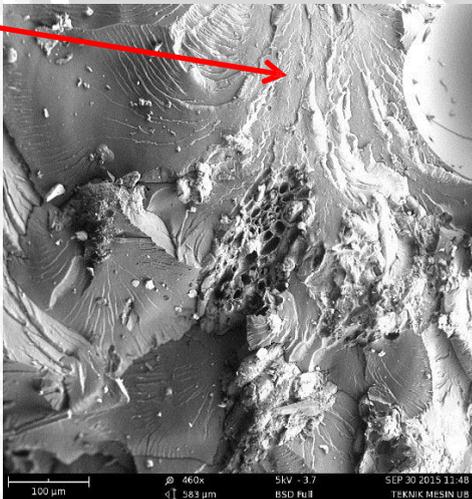
(a)



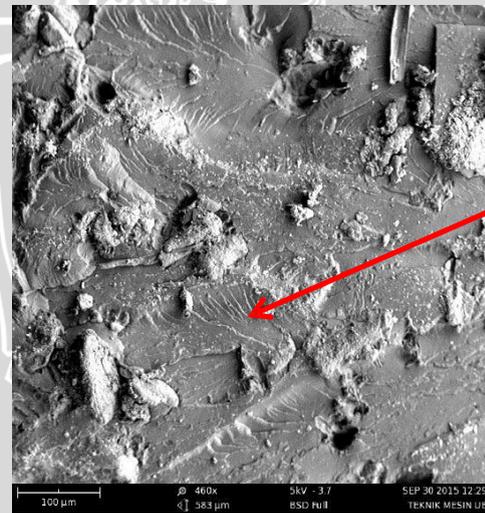
(b)

Gambar 4.6 Foto sisi samping spesimen uji tarik (a) spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x tanpa perlakuan postcuring (b) spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x dengan perlakuan postcuring

Pada gambar 4.6 dapat dilihat perbedaan jumlah retakan antara spesimen uji tarik tanpa filler dengan perbesaran 30x tanpa perlakuan postcuring dan spesimen dengan perlakuan postcuring dimana jumlah retakan yang terjadi pada spesimen dengan perlakuan postcuring lebih sedikit dari pada spesimen tanpa perlakuan.



(a)



(b)

Gambar 4.7 Foto SEM penampang patahan spesimen uji tarik dengan perlakuan postcuring (a) spesimen dengan filler ukuran 140 μm perbesaran 460x (b) spesimen dengan filler ukuran 100 μm perbesaran 460x

Dari gambar 4.7 foto SEM penampang patahan spesimen dengan *filler* ukuran 140 μm perbesaran 460x dan spesimen dengan *filler* ukuran 100 μm perbesaran 460x dimana keduanya dilakukan proses *postcuring* dapat dilihat bahwa persebaran butir tempurung kelapa dengan ukuran 100 μm lebih merata dan lebih banyak dibandingkan dengan spesimen ukuran *filler* 140 μm , tanda lingkaran menunjukkan *filler* tempurung kelapa yang dimaksud. Selain itu pola perambatan retak (patahan) dari spesimen juga menunjukkan perbedaan dimana pola perambatan retak spesimen dengan *filler* 140 μm lebih panjang dari pada pola perambatan retak spesimen *filler* 100 μm dikarenakan pada spesimen dengan *filler* 100 μm pola perambatan patahan banyak dibatasi oleh *filler* pengisi, hal tersebut ditunjukkan oleh tanda anak panah.

Hasil dari pengujian ini sesuai dengan hipotesa yang menyatakan bahwa kekuatan tarik dari komposit *fiber reinforced composites (FRP)* akan meningkat seiring meningkatnya *mesh fillers* yang diberikan serta perlakuan *postcuring* yang dilakukan. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan jumlah retakan yang terjadi pada spesimen. Selain itu semakin kecil ukuran butir pengisi komposit maka luas kontak permukaan antar butir semakin luas, yang berarti lebih banyaknya bidang kontak yang terbentuk diantara matrik dan penguat seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.7, sehingga distribusi perpindahan beban akan semakin baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan:

- Semakin kecil ukuran butir *filler* pada komposit *GFRP* akan menaikkan kekuatan tarik komposit dengan nilai tertinggi spesimen tanpa perlakuan 40,57 MPa dan spesimen dengan perlakuan *postcuring* 44.44MPa..
- Perlakuan *postcuring* pada spesimen komposit dapat menaikkan kekuatan tarik material.
- Semakin kecil ukuran butir *filler* pada komposit *GFRP* akan menurunkan besar regangan komposit dengan nilai terendah spesimen tanpa perlakuan 1.67% spesimen dengan perlakuan *postcuring* 1.42%..
- Perlakuan *postcuring* pada spesimen komposit menurunkan besar regangan material.
- Ukuran *filler* yang optimal dari variasi ukuran 250 μm , 180 μm , 140 μm , 125 μm ,100 μm didapatkan nilai optimum pada variasi ukuran 100 μm .

5.2 SARAN

Untuk memperlancar pengembangan penelitian lebih lanjut ada hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Perlu mempertimbangkan variasi ukuran *filler* yang lebih kecil dari pada 100 μm .
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dibuat variasi jenis *filler* untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan pada pembuatan komposit.
3. Perlu mempertimbangkan metode manufaktur lain dalam pembuatan komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Alian, Helmy, 2011 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Semen Putih Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Glass Fiber Reinforced Plastic (GRFP) Berpenguat Serat E-Glass Chop Strand Mat dan Matriks Resin Polyester. Palembang : Universitas Sriwijaya
- Agustian, A, 2014, Variasi Kekencangan Mula (Pre-Tension) Satu Arah pada Reinforcement Fibre Panel Komposit terhadap Kekuatan Bending, Skripsi. Malang Universitas Brawijaya
- Anonim, 1996, *Technical Data Sheet*, Justus Kimia Raya. Jakarta
- Ardi, 2012 *Penjelasan Deformasi*. <http://duniapengetahuan2627.blogspot.co.id/2012/09/penjelsan-deformasi.html> (diakses 30 November 2015)
- Bilmeyer.1984. Text book of polymer science. John wiley dan sons. New York
- Callister, W.D., 2009, *Material Science And Engineering an Introduction eighth edition* , David G. Rethwisch, New York.
- Harris, Bryan. 1999 Engineering Composite Materials. The Institute of Materials, London
- Heine, R. W. 1976. *Principles of Metal Casting*. New Delhi: Tata McGraw –Hill
- Khurmi, R.S. 2002 Strength of Materials. New Delhi
- Mazumdar, S.K. 2002. Composites Manufacturing Materials, Product, and Process Engineering.
- Mallick P.K, 2007, Fiber Reinforced Composite Materials, Manufacturing, and Design, Michigan
- Mohanti, A.K, 2005, Natural fibre biopolymer, biocomposites, USA: Crc Press
- Nuplex Industries, 2014 *Resin Transfer Moulding*, Welshpool. <http://www.nuplex.com/composites/processes/resin-transfer-moulding> (diakses 24 Maret 2015)
- Pan, Zhongli, dkk, 2007, Physical properties of thin particleboard made from saline eucalyptus, California
- Santoso, dkk. 2002 *pengaruh berat chooped strand terhadap kekuatan tarik bending dan impak komposit grp kombinasi serat gelas chooped strand dan woven roving*, Surakarta: Teknik mesin UNS.
- Sarki, J, dkk , 2010, *Potential of using coconut shell particle fillers in eco-composite materials*. Kaduna- state, Nigeria
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New york. : McGraw-Hill Book Company.
- Sijabat, F.I . 2013, *Pengaruh Ukuran Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Pengisi Poliester Tak Jenuh Terhadap Sifat Mekanik dan Penyerapan Air*, Medan,
- Sjostrom, E., 1995 Wood Chemistry: fundamentals and application. San Diego, California
- Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber Glass Composite – ASTM D 638 . 2003.*
- Surdia, Tata & Saito, S. 1995 *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta, PT Pradnya Paramita
- Suwanto, Boja, 2014, *Pengaruh Temperatur Postcuring Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin Yang Diperkuat Woven Serat Pisang*, Semarang: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.
- Testindo, 2015 *Tensile Test dengan Universal Testing Machine*. <http://www.testingindonesia.com/article/detail/81/tensile-test-dengan-universal-testing-machine> (diakses 30 November 2015)
- UNSW Sidney, 2013, *Continous Fibre Composites*, Sidney. <http://www.materials.unsw.edu.au/tutorials/online-tutorials/2-continuous-fibre-composites> (diakses 24 Maret 2015)



LAMPIRAN





The Learning University

LABORATORIUM STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Gedung D9 Lt 2 Kampus UM Jl. Semarang No. 5 Malang Telp/Fax: (0341) 587 082 Ext. 2051

SURAT KETERANGAN

No. 25.06.2015

Yang bertandatangan di bawah ini Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, menerangkan bahwa,

Nama : Jefri Yuristianto

NIM : 115060200111030

Instansi : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Telah melakukan pengujian tarik Polymer sebanyak 42 benda uji pada tanggal 25 Juni 2015 di Laboratorium Struktur-Teknik Sipil-FT-UM.

Demikian keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 25 Juni 2015
Kepala Laboratorium
Teknik Sipil-FT-UM



Drs. EkoSuwarno, M.Pd
NIP. 19650216 199001 1001



Calibration Certificate



SNI ISO/IEC 17025:2008
[ISO/IEC 17025:2005]



www.easternproengineering.com
e-mail : service@easternproengineering.com

Certificate Number
4796.EPE.10.14

Order Number : 500.14.227
Received Date : October 02, 2014

Company Name : Lab. Stuktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
Address : Jl. Semarang No. 5 - Malang

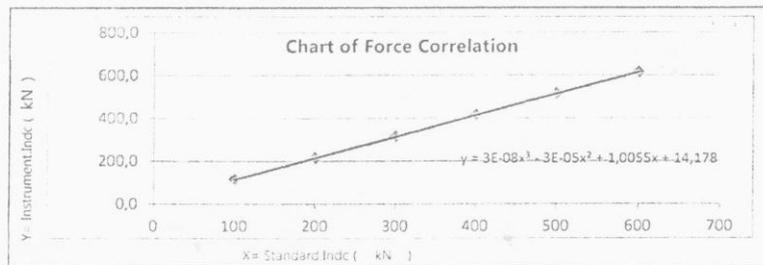
Equipment Name : Universal testing Machine
Manufacture : Kai Wei
Type / Model : -
Serial Number : 068
Capacity : 1000 kN
Resolution : 0,1 kN

Environment Condition of Calibration
Temperature : 25 ± 2 °C
Humidity : 54 ± 5 %
Reference : SMM-WI-F-01
Calibration Date : October 02, 2014
Calibration Location : Lab. Stuktur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas
Negeri Malang

Calibration Report

Standard Indication	Unit Under Test Indication		Correction		Error	
	Before Adjusting	After Adjusting	Before Adjusting	After Adjusting	Before Adjusting	After Adjusting
kN	kN	kN	kN	kN	kN	%
0	13,2	-	-13,2	-	0,0	-
100	114,5	-	-14,5	-	-14,5	-
200	214,4	-	-14,4	-	-7,2	-
300	314,4	-	-14,4	-	-4,8	-
400	413,9	-	-13,9	-	-3,5	-
500	514,2	-	-14,2	-	-2,8	-
600	614,6	-	-14,6	-	-2,4	-
700	715,6	-	-15,6	-	-2,2	-
Uncertainty 95% ± :			0,96 %			

- The Uncertainty is taken at a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2



Calibrator used

Calibrator Name	Manufacture	Type	Serial Number	Traceable to SI Through
1. Loadcell	ELE	LI-SWI	-	LK - 013 - IDN

Calibrated By

Asih M. N. E.
Technician

Date of Issued
October 08, 2014

Ir. Sukiswanto
Director

-End of Certificate-

This certificate applies only for the item specified above
It is prohibited to quote/reproduce and/or publish part of this certificate without written permission from PT. EASTERN PRO ENGINEERING
This certificate is valid when sealed by PT. EASTERN PRO ENGINEERING

Kawasan Wangsa Niaga Wetan No. 27 Kota Baru Parahyangan - Bandung Barat
Phone : (022) 680 3053 - Fax : (022) 6803053



LABORATORIUM STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI MALANG
 Gedung D9 Lt. 2 Kampus UM Jl. Semarang No.5
 Telp/Fax : (0341) 587082 Ext.205

Data Beban Maksimum Spesimen

Pengulangan	Resin	GRFP	GRFP + FILLER				
			Mesh				
			60	80	100	120	140
Beban Maksimum (N)							
Tanpa Postcuring							
1	15,393	15,203	15,990	16,275	16,286	16,502	16,465
2	15,289	15,491	15,783	16,082	16,172	16,688	17,305
3	15,226	15,384	16,346	16,237	16,530	16,776	16,784
Jumlah	6,308	6,478	8,519	8,994	9,388	10,366	10,954
Rata - Rata	2102.667	2159.333	2839.667	2998	3129.333	3455.303	3651.333
Postcuring							
1	16,519	16,248	16,270	16,578	16,963	17,184	17,249
2	15,009	16,481	16,486	17,038	16,714	16,589	16,946
3	15,945	16,562	16,827	16,524	16,816	16,876	17,403
Jumlah	7,873	9,691	9,983	10,540	10,893	11,049	11,998
Rata - Rata	2624.333	3230.333	3327.667	3513.333	3631	3683	3999.333

Data Pertambahan Panjang Spesimen

Pengulangan	Resin	GRFP	GRFP + FILLER				
			Mesh				
			60	80	100	120	140
Δl (mm)							
Tanpa Postcuring							
1	0.433	0.242	0.542	0.294	0.217	0.378	0.498
2	0.55	2.67	0.481	0.745	0.77	0.295	0.214
3	0.594	0.877	0.373	0.341	0.297	0.335	0.285
jumlah	1.577	3.789	1.396	1.38	1.284	1.008	0.997
rata rata	0.52567	1.263	0.465333	0.46	0.428	0.336	0.332333
postcuring							
1	0.439	0.722	0.58	0.564	0.73	0.191	0.273
2	0.478	0.602	0.423	0.477	0.208	0.23	0.348
3	0.344	0.462	0.335	0.206	0.214	0.494	0.23
jumlah	1.261	1.786	1.338	1.247	1.152	0.915	0.851
rata rata	0.42033	0.5953	0.446	0.415667	0.384	0.305	0.283667



- Contoh perhitungan spesimen resin tanpa perlakuan *postcuring*

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \text{ N/mm}^2$$

$$= 24,36667 \text{ N/mm}^2 = 24,36667 \text{ MPa}$$

- Contoh perhitungan spesimen resin *postcuring*

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \text{ N/mm}^2$$

$$= 36,87778 \text{ N/mm}^2 = 36,87778 \text{ MPa}$$

Pengulangan	Resin	0	GRFP + FILLER				
			Mesh				
	Resin	GFRP	250 μm	180 μm	140 μm	125 μm	100 μm
Kekuatan tarik (N/mm ²)							
Tanpa Postcuring							
1	24.36667	22.25556	31	34.16667	34.28889	36.68889	36.27778
2	23.21111	25.45556	28.7	32.02222	33.02222	38.75456	45.61111
3	22.51111	24.26667	34.95555556	33.74444	37	39.73333	39.82222
Jumlah	70.08889	71.97778	94.65555556	99.93333	104.3111	115.1768	121.7111
Rata - Rata	23.36296	23.99259	31.55185185	33.31111	34.77037	38.39226	40.57037
1	36.87778	33.86667	34.11111111	37.53333	41.81111	44.26667	44.98889
2	20.1	36.45556	36.51111111	42.64444	39.04444	37.65556	41.62222
3	30.5	37.35556	40.3	36.93333	40.17778	40.84444	46.7
Jumlah	87.47778	107.6778	110.9222222	117.1111	121.0333	122.7667	133.3111
Rata - Rata	29.15926	35.89259	36.97407407	39.03704	40.34444	40.92222	44.43704

- Contoh perhitungan regangan spesimen resin tanpa perlakuan *postcuring*

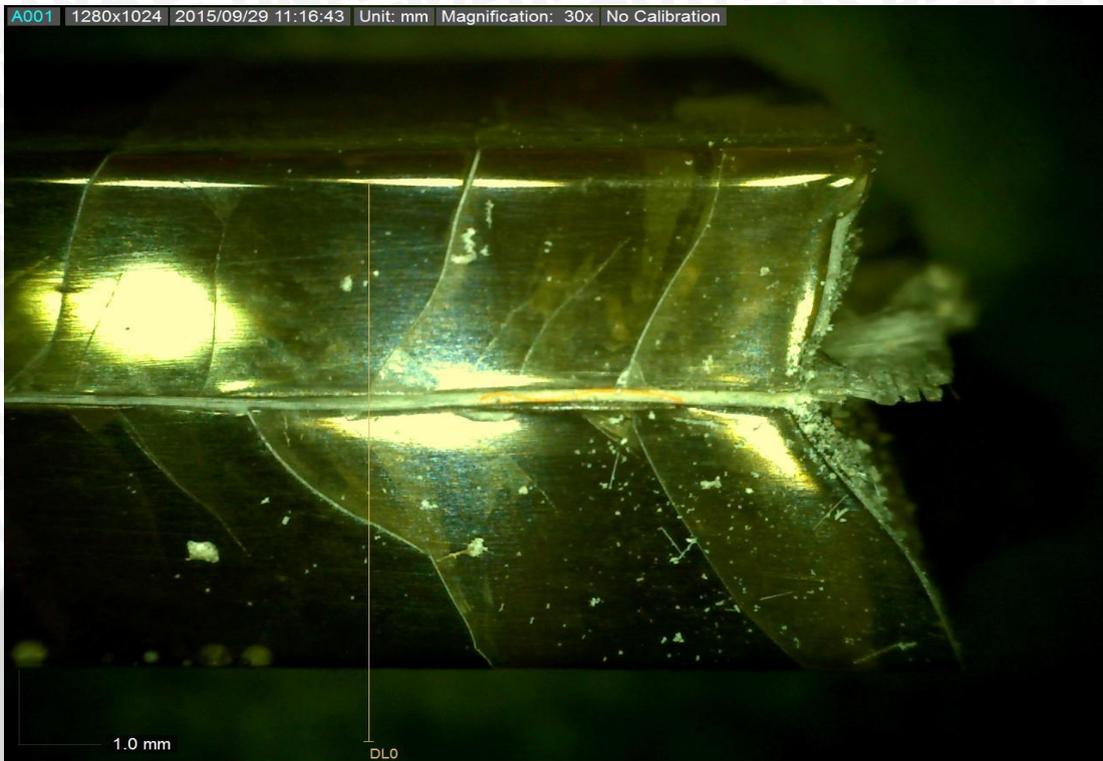
$$\frac{\Delta L}{L_0} = 0,00866$$

- Contoh perhitungan regangan spesimen resin *postcuring*

$$\frac{\Delta L}{L_0} = 0,00878$$

Pengulangan	Resin	GRFP	GRFP + FILLER				
			250 μm	180 μm	140 μm	125 μm	100 μm
Regangan							
Tanpa Postcuring							
1	0.011	0.0534	0.00962	0.0149	0.0154	0.0059	0.00428
2	0.01188	0.01754	0.00746	0.00682	0.00594	0.0067	0.0057
3 jumlah	0.03154	0.07578	0.02792	0.0276	0.02568	0.02016	0.01994
rata rata	0.010513	0.02526	0.009307	0.0092	0.00856	0.00672	0.006647
postcuring							
1							
2	0.00956	0.01204	0.00846	0.00954	0.00416	0.0046	0.00696
3 jumlah	0.00688	0.00924	0.0067	0.00412	0.00428	0.00988	0.0046
rata rata	0.02522	0.03572	0.02676	0.02494	0.02304	0.0183	0.01702
	0.008407	0.011907	0.00892	0.008313	0.00768	0.0061	0.005673

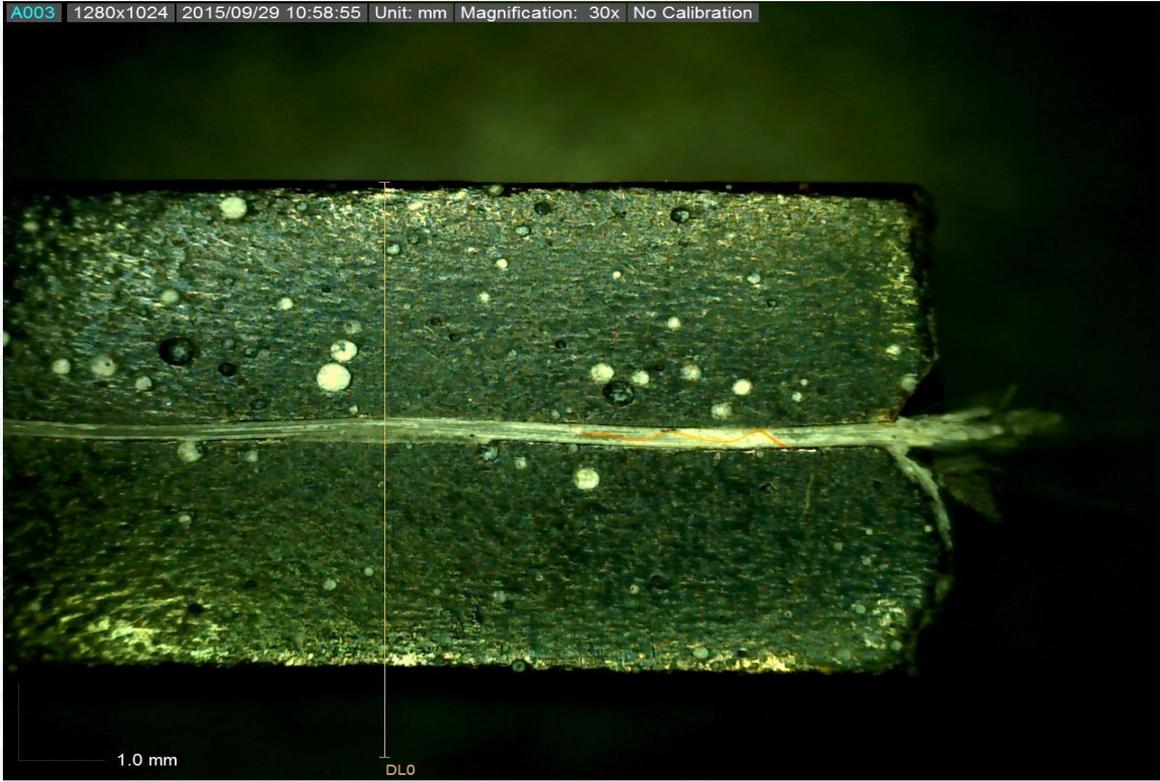
Foto sisi samping spesimen uji tarik dengan variasi ukuran *filler*



spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x



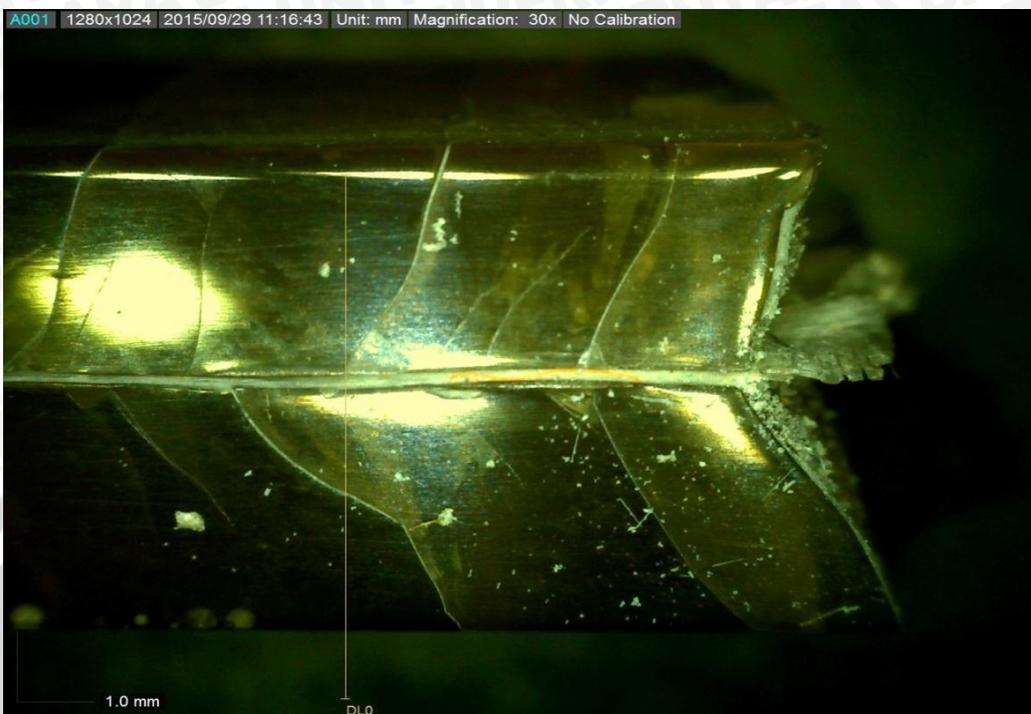
spesimen dengan *filler* 250 µm perbesaran 30x



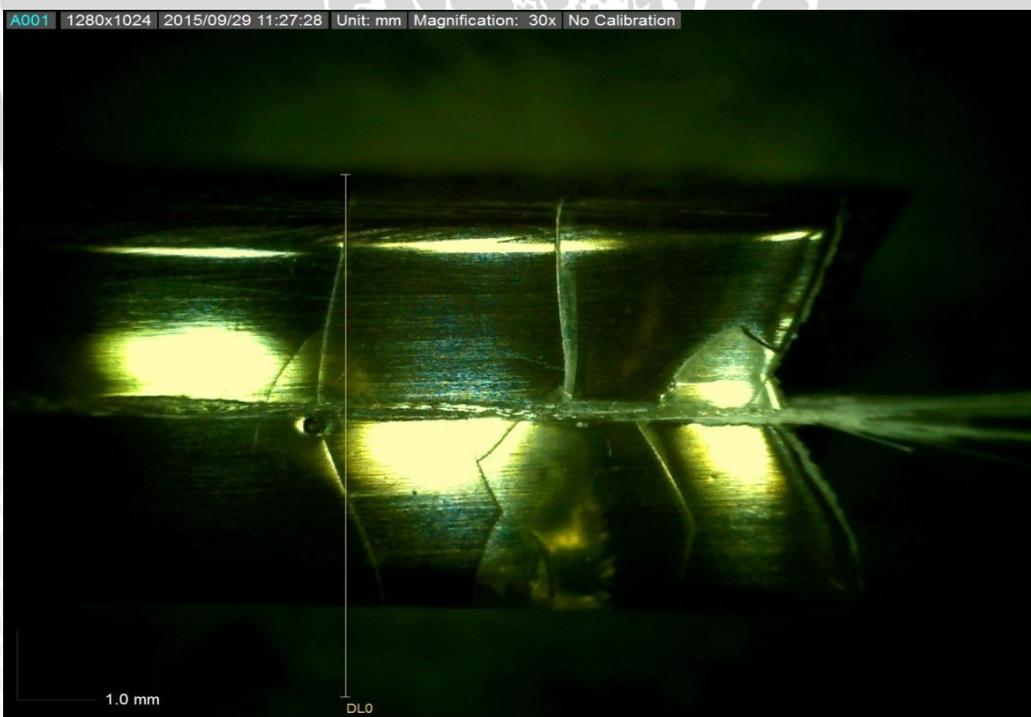
spesimen dengan *filler* 100 μm perbesaran 30x



Foto sisi samping spesimen uji tarik spesimen tanpa perlakuan dengan spesimen perlakuan postcuring

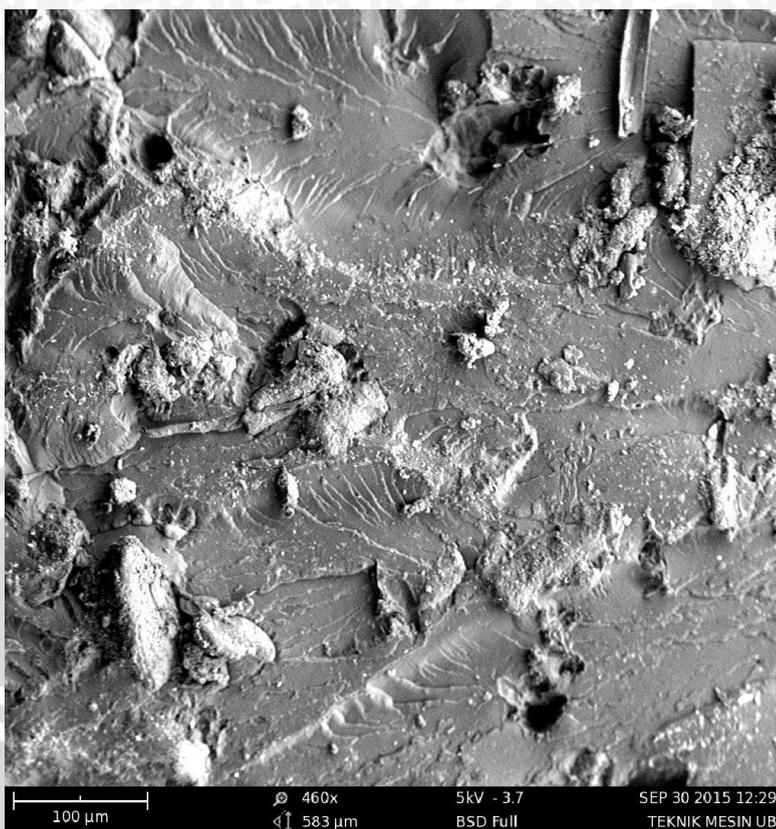


spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x tanpa perlakuan postcuring

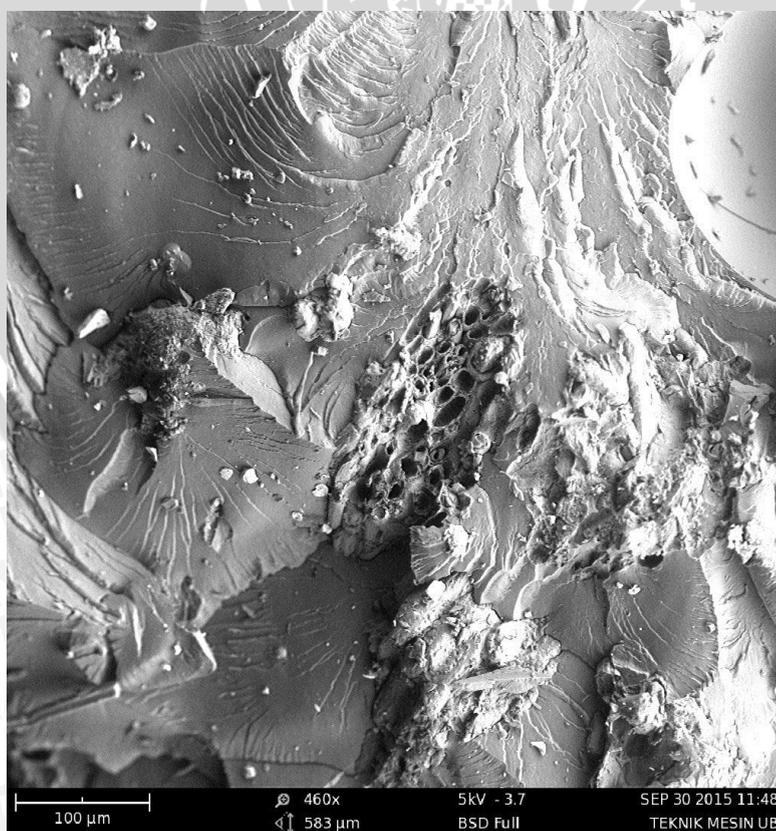


spesimen tanpa filler dengan perbesaran 30x dengan perlakuan postcuring

Foto SEM penampang patahan spesimen uji tarik



spesimen dengan filler ukuran 140 μm perbesaran 460x



spesimen dengan filler ukuran 100 μm perbesaran 460x

