



**PENGARUH DIAMETER BENANG POLIETILEN TERHADAP
KEKUATAN *THERMAL* MEKANIS PIPA KOMPOSIT
BERBAHAN AMPAS KOPI**

Skripsi

Oleh

Diki Yanuar Trisandi

NIM 141910101039

PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PENGARUH DIAMETER BENANG POLIETILEN TERHADAP
KEKUATAN *THERMAL* MEKANIS PIPA KOMPOSIT
BERBAHAN AMPAS KOPI**

Skripsi

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Diki Yanuar Trisandi

NIM 141910101039

PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih dan penyayang, saya persembahkan skripsi ini sebagai bentuk tanggung jawab dan ungkapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, rezeki, dan hidayah-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kebenaran dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang yaitu Islam.
3. Kedua orang tua saya Juwadi dan Sulastri yang tidak pernah lelah untuk memberikan dukungan, limpahan doa dan kasih sayang yang tak terhingga sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Kedua kakakku Yeti Ardiani dan Yeni Indrawati selalu memberikan dukungan serta motivasi dalam setiap perjalanan kuliahku.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dikemudian hari. Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan arahan dan saran yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Dr. Robertoes Koekoeh K.W., S.T., M. Eng. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak memberikan saran menuju kearah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Imam Sholahuddin, S.T., M.T. selaku pembimbing grup riset MRG 5 yang selalu membimbing saya, memberikan motivasi, arahan maupun saran yang tiada henti-hentinya selama penelitian ini berlangsung. Serta keluarga besar grup riset MRG yang selalu memberikan saran dan motivasi selama penelitian.
7. Teman-teman MRG periode 5 yang selalu memberikan motivasi pada saat penelitian berlangsung.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2014 (M16) yang telah mendukung dari awal masuk kuliah hingga saat ini.

MOTTO

Barang Siapa yang bersungguh sungguh, sesungguhnya keseungguhan tersebut
untuk kebaikan dirinya sendiri.

(Surat Al-Ankabut. Ayat 6)

Jika kamu ingin hidup bahagia, terikatlah pada tujuan, bukan orang atau benda

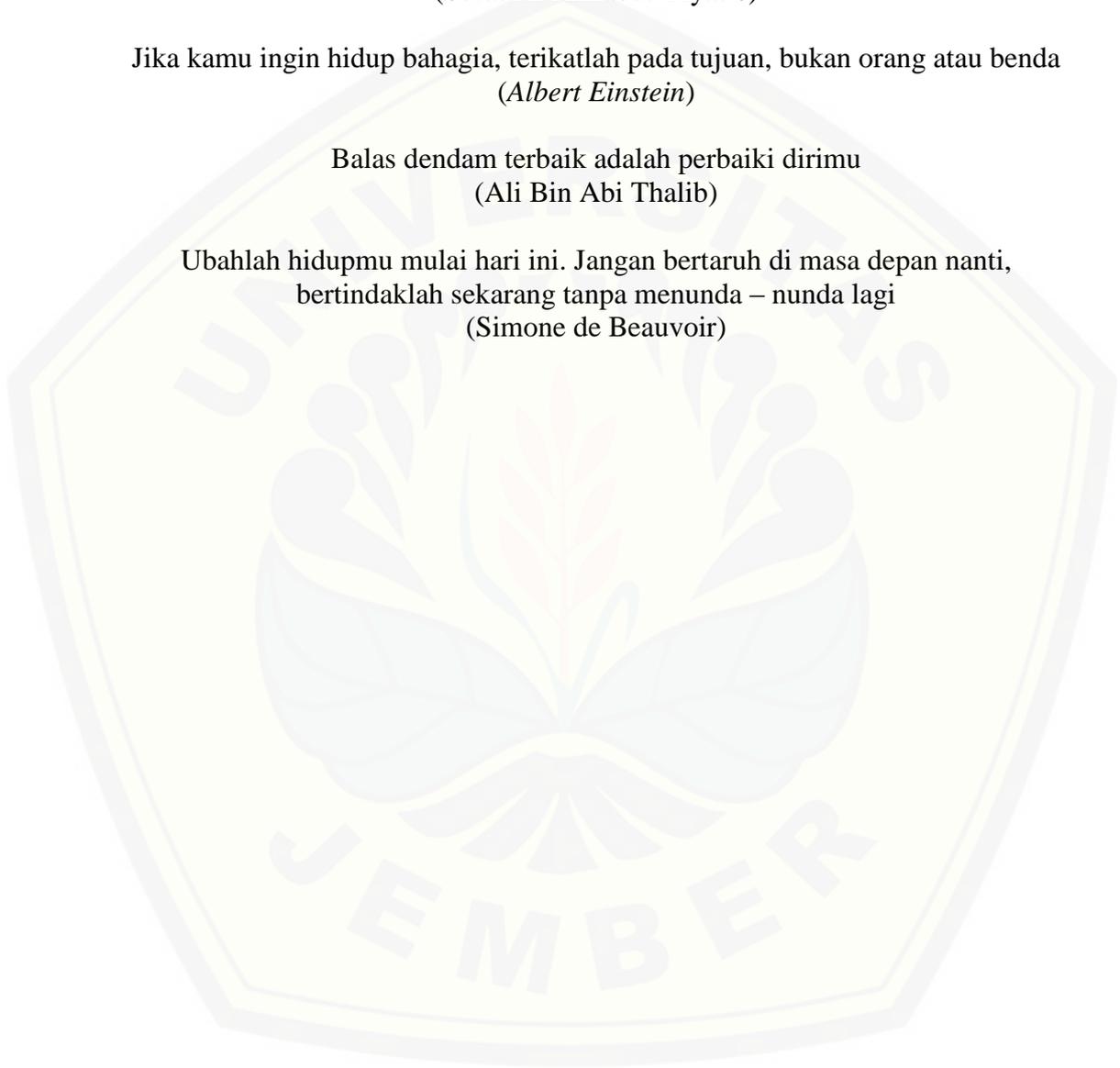
(*Albert Einstein*)

Balas dendam terbaik adalah perbaiki dirimu

(Ali Bin Abi Thalib)

Ubahlah hidupmu mulai hari ini. Jangan bertaruh di masa depan nanti,
bertindaklah sekarang tanpa menunda – nunda lagi

(*Simone de Beauvoir*)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diki Yanuar Trisandi

NIM : 141910101039

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Diameter Benang Polietilen Terhadap Kekuatan *Thermal* Mekanis Pipa Komposit Berbahan Ampas Kopi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Juni 2019
yang menyatakan,

Diki Yanuar Trisandi
NIM 141910101039

SKRIPSI

**PENGARUH DIAMETER BENANG POLIETILEN TERHADAP
KEKUATAN *THERMAL* MEKANIS BERBAHAN AMPAS KOPI**

Oleh:

Diki Yanuar Trisandi
NIM 141910101039

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Agus Triono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Diameter Benang Polietilen Terhadap Kekuatan *Thermal* Mekanis Berbahan Ampas Kopi” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 27 Juni 2019

Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

Pembimbing:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 196802021997021001

Dr. Agus Triono, S.T M.T.
NIP 197008072002121001

Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Robertoes Koekoeh K.W., S.T., M. Eng.
NIP 196707081994121001

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 196802071995121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 19661215 1995 03 2 001

RINGKASAN

Pengaruh Diameter Benang Polietilen Terhadap Kekuatan *Thermal* Mekanis Pipa Komposit Berbahan Ampas Kopi; Diki Yanuar Trisandi, 141910101039; 2019: 47 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Persaingan pasar global menuntut dunia industri untuk lebih efisien dalam menghasilkan produk. Pada saat ini khususnya dunia industri pada infrastruktur, tidak terlepas dari material komposit, baik sebagai struktur utama maupun sebagai pendukung. Komposit adalah sebuah material yang memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap korosi, mempunyai kekuatan terhadap berat yang tinggi, dapat dibentuk sesuai cetakan yang diinginkan. Pada era modern sekarang komposit banyak digunakan sebagai pengganti pembuatan tangki dan pipa-pipa yang biasa digunakan di pabrik-pabrik kimia.

Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah *fillament winding* dengan benang polietilen sebagai penguat, ampas kopi sebagai pengisi, dan resin *unsaturated polyester* sebagai *matrix*. Pengujian pipa komposit ini menggunakan standart ASTM D 2290 dan analisis paparan panas pada suhu pemanasan 30 – 120°C dimana kinerja diameter benang dalam meningkatkan kekuatan tarik akan menjadi topik penelitian yang menarik. Variabel yang digunakan yaitu variasi diameter benang 0,50 mm, 0,75 mm, dan 1 mm. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Terapan dan Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pipa komposit berbahan ampas kopi dari variasi diameter benang 0,50 mm, 0,75 mm, dan 1 mm pada suhu ruang menghasilkan kekuatan tarik (12,13 – 15,38 Mpa). Sedangkan pada suhu 40°C, 100°C, dan 120°C menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar (9,73 – 12,4 Mpa), (7,98 – 8,83 Mpa), dan (6,09 – 7,02 Mpa). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar temperatur pada saat proses pengujian kekuatan tarik pipa komposit berbahan ampas kopi semakin menurun. Bentuk patahan yang terjadi

pada suhu ruang dan 40°C adalah patah getas. Sedangkan pada suhu antara 100°C, dan 120°C terjadi patah *fiber pull out*.



SUMMARY

Effect of Polyethylene Yarn Diameter on Mechanical Thermal Strength of Composite Pipes Made from Coffee Pulp; Diki Yanuar Trisandi, 141910101039; 2019: 47 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

Global market competition requires the industrial world to be more efficient in producing products. At present, especially in the industrial world, infrastructure is inseparable from composite materials, both as the main structure and as a support. Composite is a material that has the advantage of being resistant to corrosion, having strength to high weight, can be shaped according to the desired mold. In the modern era, composites are widely used as a substitute for making tanks and pipes that are commonly used in chemical factories.

The method of making composites used is fillament winding with polyethylene yarn as reinforcement, coffee pulp as filler, and unsaturated polyester resin as matrix. This composite pipe testing uses the ASTM D 2290 standard and analyzes heat exposure at a heating temperature of 30 - 120°C where the performance of thread diameter in increasing tensile strength will be an interesting research topic. The variables used in were variations in yarn diameter of 0.50 mm, 0.75 mm and 1 mm. The research was conducted at the Applied Technology Laboratory and Materials Test Laboratory at the Faculty of Engineering, University of Jember.

The results of this study indicate that composite pipes made from coffee pulp from variations in yarn diameter of 0,50 mm, 0,75 mm, and 1 mm at room temperature produce tensile strength (12,13-15,38 Mpa). Whereas at temperatures of 40°C, 100°C, and 120°C the tensile strength values were (9,73 – 12,4 Mpa), (7,98 – 8,83 Mpa), and (6,09 – 7,02 Mpa). This shows that the greater the temperature at the time of testing the tensile strength of composite pipe made from coffee pulp decreases. The shape of the fault that occurs at room temperature

and 40°C is brittle fracture. Whereas at temperatures between 100°C and 120°C fiber pull outs occur.



PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Diameter Benang Polietilen Terhadap Kekuatan *Thermal* Mekanis Pipa Komposit Berbahan Ampas Kopi”. Shalawat dan salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan inspirasi, suri tauladan, dan jalan yang terang bagi umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis tidak lupa berterima kasih serta mengapresiasi semua pihak yang telah membantu dan mendukung selama penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini. Serta Bapak Dr. Robertoes Koekoeh K.W., S.T., M. Eng. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi.
2. Teman-teman MRG periode 5 yang selalu memberikan motivasi, ide dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi dan pembaca.

Jember, 27 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1. 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
1.6 Hipotesa	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Komposit	5
2.1.1 Klasifikasi Komposit.....	6

2.1.2 Metode Pembuatan Komposit	7
2.2 Pipa Komposit	11
2.3 Filament Winding	12
2.3.1 Macam-macam Pola Filament Winding.....	13
2.3.2 Produk <i>Filament Winding</i>	14
2.4 Resin <i>Unsaturated Polyester</i>.....	15
2.5 Ampas Kopi	16
2.6 Polietilen (PE).....	18
2.7 Konduktivitas <i>Thermal</i>	19
2.8 Karakterisasi	20
2.8.1 Pengujian Tarik Pipa Komposit.....	20
2.8.2 Pengujian <i>Thermal</i> Mekanis.....	21
2.8.3 Pengujian Morfologi.....	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan.....	27
3.3 Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1 Langkah – langkah Pembuatan Sampel.....	29
3.3.2 Langkah – langkah Pengujian Sampel <i>Thermal</i> Mekanis	30
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	31
BAB 4. PEMBAHASAN DAN HASIL	32
4.1 Data Hasil Pengujian	32
4.1.1 Data Kekuatan Tarik.....	33

4.1.3 Analisa Pengujian Dengan Variasi Suhu.....	34
4.2 Hasil Pengamatan Struktur Makro.....	36
4.2.1 Struktur Makro Pada Variasi Diameter Benang 0,50 mm.....	36
4.2.2 Struktur Makro Pada Variasi Diameter Benang 0,75 mm.....	38
4.2.3 Struktur Makro Pada Variasi Diameter Benang 1 mm.....	40
4.3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....	42
4.3.1 Struktur Mikro Pada Variasi Diameter Benang 0,50 mm	42
4.3.2 Struktur Mikro Pada Variasi Diameter Benang 0,75 mm	44
4.3.3 Struktur Mikro Pada Variasi Diameter Benang 1 mm	45
4.4 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya	46
BAB. 5 PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

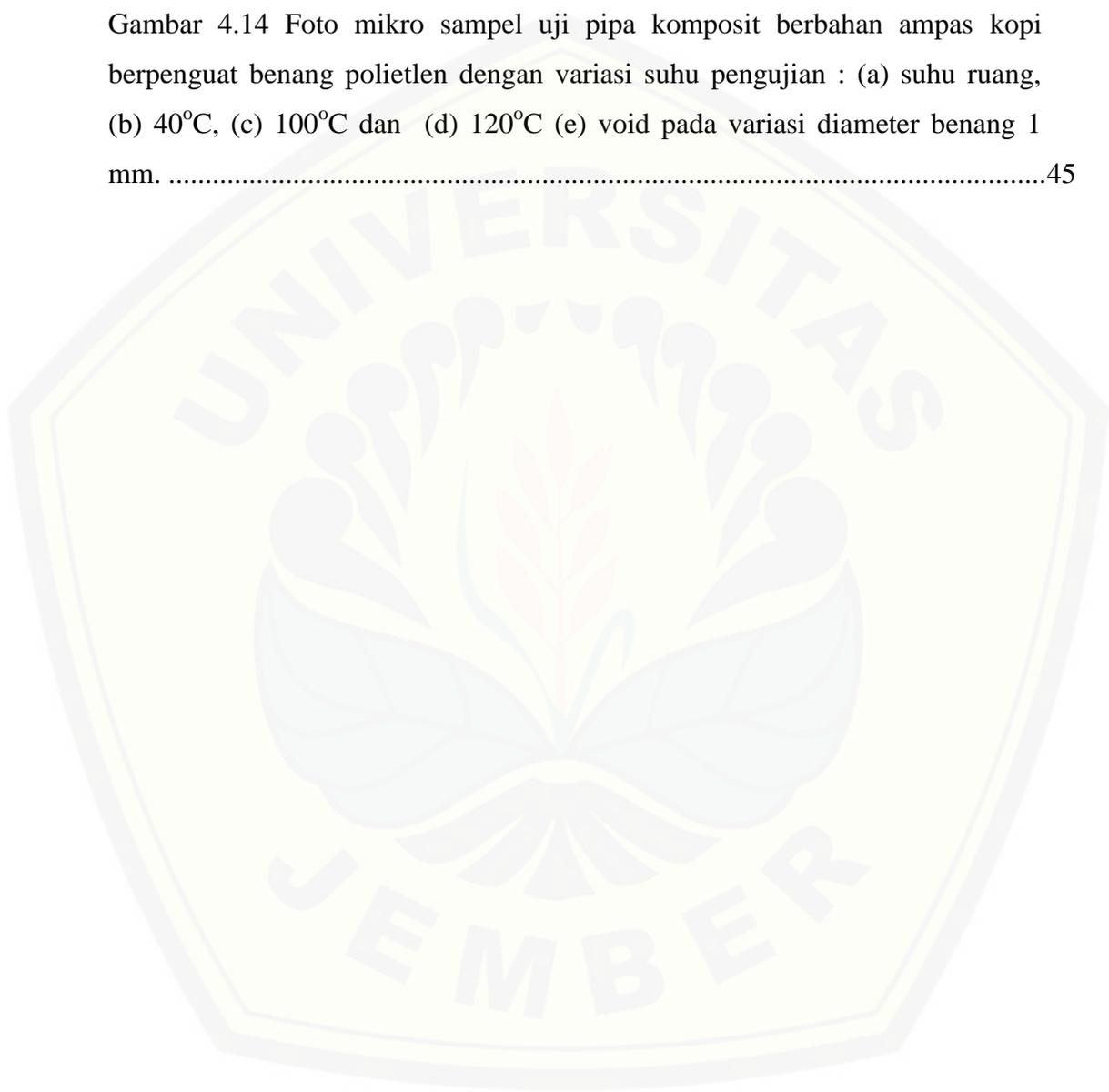
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema pembagian pada komposit	6
Gambar 2.2 Komposit berdasarkan jenis penguatnya	7
Gambar 2.3 Ilustrasi dari komposit berdasarkan penguat	7
Gambar 2.4 Metode <i>hand lay up</i>	8
Gambar 2.5 Metode Penyemprotan untuk pencetakan material komposit plastik	9
Gambar 2.6 Metode <i>pressure bag</i>	9
Gambar 2.7 Metode <i>vacuum bag</i>	10
Gambar 2.8 Metode <i>fillament winding</i>	11
Gambar 2.9 Skema proses produksi <i>filament winding</i>	12
Gambar 2.10 <i>Circumferential winding</i>	13
Gambar 2.11 <i>Helical winding</i>	13
Gambar 2.12 <i>Polar winding</i>	14
Gambar 2.13 Pipa	14
Gambar 2.14 Tangki penyimpanan	14
Gambar 2.15 Resin <i>unsaturated polyester Eterset 2504</i>	15
Gambar 2.16 Perubahan kandungan gas amonia yang diserap terhadap waktu ...	17
Gambar 2.17 Mekanisme penyerapan gas amonia	17
Gambar 2.18 Bentuk struktur polietilen	18
Gambar 2.19 Perpindahan panas konduksi pada satu bidang datar	19
Gambar 2.20 Alat bantu pengujian tarik pipa komposit ASTM D2290	20
Gambar 2.21 Bentuk spesimen uji tarik	20
Gambar 2.22 Sampel uji <i>thermal</i> mekanis	21
Gambar 2.23 Skema dari sebuah laminate dibawah pembebanan tarik dengan pemodelan dua lapis yang terdiri dari arang dan daerah yang belum terkena panas	22
Gambar 3.1 Mesin <i>fillament winding</i>	24
Gambar 3.2 Skema pengujian <i>thermal</i> mekanis	30

Gambar 4.1 Pipa komposit (a) diameter benang 0,50 mm, (b) 0,75 mm, (c) 1 mm.	32
Gambar 4.2 Spesimen uji tarik sesudah dipotong (a) diameter benang 0,50 mm, (b) 0,75 mm, (c) 1 mm.	32
Gambar 4.3 Grafik kekuatan tarik komposit ampas kopi dalam suhu ruang.	34
Gambar 4.4 Variasi suhu pengujian (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	34
Gambar 4.5 Grafik kekuatan tarik komposit ampas kopi dalam variasi suhu pengujian.....	35
Gambar 4.6 Foto makro tampak atas sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietilen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	36
Gambar 4.7 Foto makro tampak samping sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietilen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	37
Gambar 4.8 Foto makro tampak atas sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietilen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	38
Gambar 4.9 Foto makro tampak samping sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietilen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	39
Gambar 4.10 Foto makro tampak atas sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietilen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	40
Gambar 4.11 Foto makro tampak samping sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietilen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C.....	41
Gambar 4.12 Foto mikro sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietlen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C, (e) void pada variasi diameter benang 0,50 mm	42

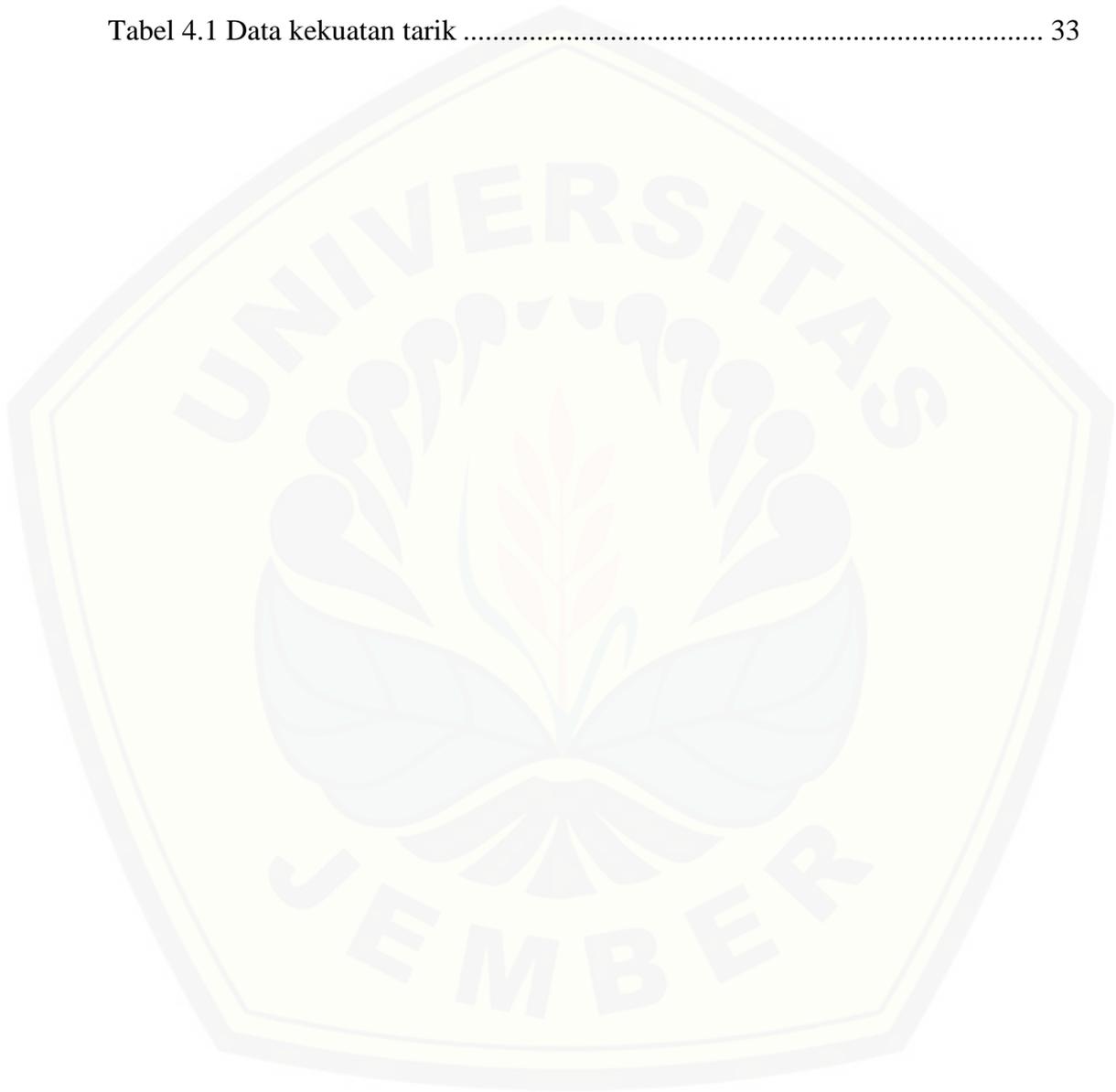
Gambar 4.13 Foto mikro sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietlen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C, (e) void pada variasi diameter benang 0,75 mm44

Gambar 4.14 Foto mikro sampel uji pipa komposit berbahan ampas kopi berpenguat benang polietlen dengan variasi suhu pengujian : (a) suhu ruang, (b) 40°C, (c) 100°C dan (d) 120°C (e) void pada variasi diameter benang 1 mm.45



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi resin <i>polyester</i>	16
Tabel 4.1 Data kekuatan tarik	33



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan pasar global menuntut dunia industri untuk lebih efisien dalam menghasilkan produk. Efisiensi bisa diperoleh dari berbagai sumber, misalnya: Material/bahan baku, proses/metode produksi, tenaga kerja dan lain – lain. Sedangkan dari biaya produksi yang didalamnya terdapat upah tenaga kerja, selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya seperti yang tertuang dalam upah minimum dari pemerintah. Pada saat ini khususnya dunia industri pada infrastruktur, tidak terlepas dari material komposit, baik sebagai struktur utama maupun sebagai pendukung (Hardoyo, 2008).

Komposit merupakan salah satu bahan yang dibuat dengan penggabungan dua macam bahan atau lebih yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula (Porwanto *et al.*, 2012). Komposit adalah sebuah material yang memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap korosi, mempunyai kekuatan terhadap berat yang tinggi, dapat dibentuk sesuai cetakan yang diinginkan. Pada era modern sekarang komposit banyak digunakan sebagai pengganti pembuatan tangki dan pipa-pipa yang biasa digunakan di pabrik-pabrik kimia. Akhir-akhir ini komposit banyak digunakan diberbagai bidang, karena komposit mempunyai ketahanan dan kekuatan yang baik juga ringan (Gibson, 2012). Salah satu bahan penyusun antara lain resin, serat, dan partikel keramik. Informasi tentang stabilitas *thermal* juga dibutuhkan untuk mengetahui rentang suhu bahan komposit dapat dipakai tanpa mengalami degradasi (Ferreiraa *et al.*, 2006). Ada 3 tahapan saat terjadi proses degradasi pada komposit. Tahap pertama air mengalami dehidrasi lalu menguap, tahap kedua terjadinya dekomposisi dimana proses ini merusak rantai polimer pada komposit, dan tahap ketiga dimana molekul udara dikonvensi menjadi H₂O dan CO₂ melalui oksidasi arang (Kandare *et al.*, 2008). Dalam metode pembuatan komposit, salah satunya adalah dengan menggunakan metode *filament winding*.

Filament winding yaitu proses dimana *fiber* tipe *roving* atau *single stand* dilewatkan wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar

sekeliling *mandrel* yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini di lakukan berulang, sehingga dengan cara ini didapatkan lapisan serat dan *fiber* sesuai dengan yang diinginkan. Proses *filament winding* ini terutama digunakan untuk 2 komponen belah berlubang, umumnya bulat atau oval (Hardoyo, 2008), pengaplikasian metode ini digunakan untuk pipa saluran air.

Kopi merupakan salah satu minuman paling populer di dunia yang dikonsumsi masyarakat. Kopi juga merupakan salah satu andalan perkebunan, sumber pendapatan petani, penghasil bahan baku industri, serta penciptaan lapangan kerja (Fuferti.Z *et al.*, 2013). Pada wilayah kabupaten jember ada tujuh kecamatan di Kabupaten Jember yang memproduksi kopi cukup tinggi yaitu Kecamatan Ledokombo, Sumberjambe, Jelbuk, Silo, Panti, Tanggul dan Sumberbaru. Nilai produksi pada daerah tersebut makin tahun makin meningkat (Haryati, 2008). Hal ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pipa komposit. Aplikasi komposit dalam bentuk pipa banyak dimanfaatkan pada pipa - pipa dan tangki yang biasa digunakan di pabrik-pabrik kimia.

Polietilen adalah suatu bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara 110-137°C. Pada umumnya polietilen tahan terhadap zat kimia. Monomernya yaitu etana yang diperoleh dari hasil perengkehan (*cracking*) minyak atau gas bumi (Rahmawati, 2015). Menurut (Obokuro *et al.*, 2008) semakin besar diameter serat maka kekuatan lentur FRC semakin meningkat dari serat berdiameter 20, 25, 30, dan 45 μm berkisar 664 Mpa sampai 700 Mpa.

Berdasarkan latar belakang diatas dapat disimpulkan bahwa variasi diameter benang pada pipa komposit yang dibuat dengan metode *fillament winding* berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Kesimpulan diatas akan menjadi topik yang menarik untuk dijadikan penelitian.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi diameter benang penguat terhadap kekuatan tarik komposit ?
2. Bagaimana pengaruh variasi diameter benang penguat pada variasi suhu pemanasan terhadap kekuatan tarik komposit ?
3. Bagaimanakah morfologi pipa komposit ampas kopi sebelum dan sesudah dilakukan pengujian thermal mekanis ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini akan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Beban tarik searah sumbu aksial spesimen.
2. Tidak membahas ikatan kimia.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi diameter benang polietilen terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi.
2. Mengetahui pengaruh variasi diameter benang polietilen pada variasi suhu pemanasan terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi.
3. Mengetahui bagaimanakah morfologi pipa komposit ampas kopi sebelum dan sesudah dilakukan pengujian *thermal* mekanis.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian mengenai pengaruh suhu variasi pemanasan, variasi diameter benang, ampas kopi terhadap kekuatan tarik pada komposit, dapat diambil manfaat antara lain:

1. Dapat memahami pembuatan komposit dengan proses *filament winding*.

2. Dapat memahami pengaruh variasi diameter benang polietilen terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi.
3. Dapat memahami pengaruh variasi diameter benang polietilen pada variasi suhu pemanasan terhadap kekuatan tarik komposit ampas kopi.
4. Dapat memahami morfologi pipa komposit ampas kopi sebelum dan sesudah dilakukan pengujian *thermal* mekanis.

1.6 Hipotesa

Ketahanan *thermal* mekanis dipengaruhi oleh konduktivitas *thermal* yang dominan pada salah satu bahan penyusun komposit. Semakin besar luasan aktif area *reinforced* yang menahan panas dan konduktivitas *thermal* yang semakin kecil akan meningkatkan kekuatan tariknya pada kondisi perlakuan panas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah sebuah material yang tersusun dari dua buah material atau lebih melalui dari campuran material yang tidak sama dan sifat antara dari masing-masing materialnya pun juga berbeda. Kombinasi antara campuran material juga harus kuat sehingga dapat memperbaiki karakteristik dari suatu bahan dan kita bisa leluasa mengatur komposisi campuran dari material pembentuknya yang saling berkaitan (Sari *et al.*, 2011). Komposit disusun dari dua komponen yaitu *matrix* atau resin dan *reinforcement* atau penguat atau ada juga yang menyebut *filler*. *Filler* ini nanti akan berfungsi sebagai penguat berupa partikel atau serat yang menerima distribusi tegangan dari komposit (Junus, 2011).

Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya, yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih terlihat serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada *alloy* paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak terlihat lagi unsur-unsur pendukungnya. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu penguat dan matrik. Penguat (*reinforcement*), penguat mempunyai sifat kurang elastis (*ductile*) tetapi lebih kaku (*rigid*) dan lebih kuat, sedangkan matrik umumnya lebih elastis (*ductile*) tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

Pada komposit, sifat-sifat bahan pembentuknya masih terlihat jelas. Bahan komposit pada umumnya dibentuk dari dua unsur utama yaitu serat (fiber) sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat serat-serat tersebut. Serat inilah yang menentukan sebagian besar sifat karakteristik komposit seperti kekuatan dan kekakuan. Sedangkan matriks berfungsi sebagai pelindung, pengikat dan penyalur tegangan antar serat. (Banowati *et al.*, 2017)

Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur - unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada

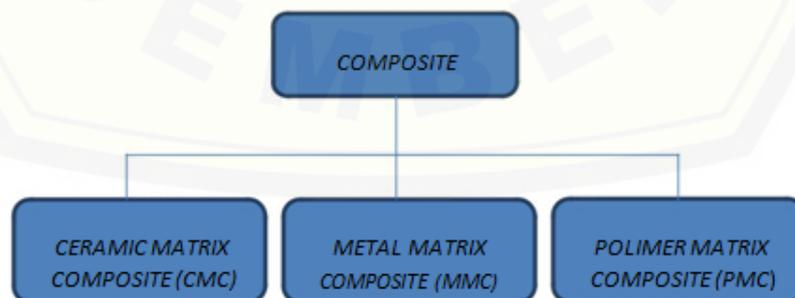
masing-masing material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaharui antara lain: kekuatan (*Strength*), kekakuan (*Stiffness*), ketahanan korosi (*Corrosion resistance*), ketahanan gesek/aus (*Wear resistance*), berat (*Weight*), ketahanan lelah (*Fatigue life*), meningkatkan konduktivitas panas dan, tahan lama. Bahan komposit mempunyai keunggulan dibandingkan dengan material lainnya, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Kekuatan material komposit jauh lebih besar dibandingkan material monolitik.
- b. Dapat dibuat sangat kuat, kerapatannya rendah (ringan) dibandingkan dengan material monolitik lainnya.
- c. Kekuatan impak dan *thermalnya* yang baik
- d. Kekuatan lelah tinggi, lebih baik daripada logam.
- e. Ketahanan oksidasi serta korosinya sangat baik.
- f. Muaiian *thermal* rendah.
- g. Sifat produk dapat diatur terlebih dahulu, disesuaikan terapannya.

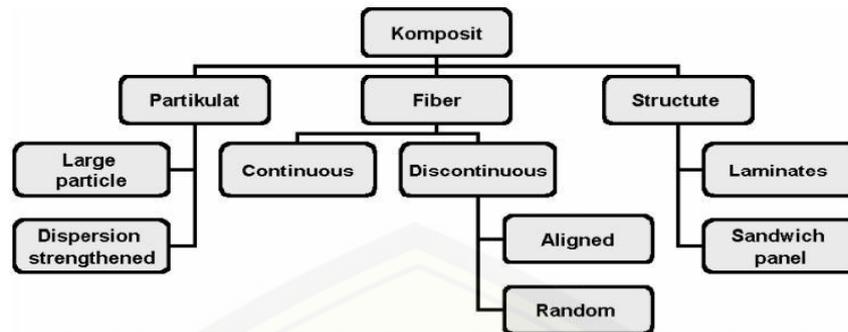
2.1.1 Klasifikasi Komposit

Menurut (Nayiroh, 2013) Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

- a. Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik.
- b. Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik.
- c. Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik *Fibrous Composites* (Komposit Serat).



Gambar 2.1 Skema pembagian pada komposit (Sumber: Nurun Nayiroh, 2013).

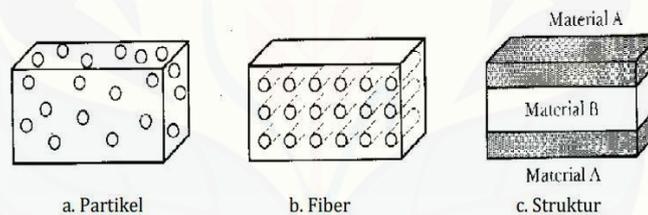


Gambar 2.2 Komposit berdasarkan jenis penguatnya (Sumber: Nurun Nayiroh, 2013).

Berdasarkan jenis penguatnya komposit di bagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- a. Partikulat komposit, penguatnya berbentuk partikel
- b. Fiber komposit, penguatnya berbentuk serat
- c. Struktural komposit, cara penggabungan material komposit

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Ilustrasi dari komposit berdasarkan penguat (Sumber: Nurun Nayiroh, 2013).

2.1.2 Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari dua cara, yaitu proses cetakan terbuka (*open-mold process*) dan proses cetakan tertutup (*closed-mold process*). Dalam penelitian ini digunakan proses cetakan terbuka (*open-mold process*). Ada beberapa jenis dari proses cetakan terbuka (*open-mold process*) (Statistianto, 2016). yaitu:

1. *Hand Lay Up*

Hand lay-up adalah metode yang seserhana dalam pembuatan komposit dan merupakan proses fabrikasi komposit terbuka. Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dengan memanfaatkan keterampilan tangan.

Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain dan memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Demikian seterusnya, seperti pada Gambar 2.4. Sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan. Ada dua cara aplikasi resin yaitu:

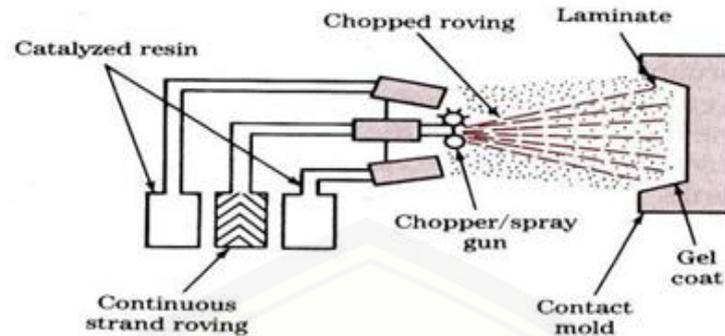
- a. *Manual resin application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber dilakukan secara manual dengan tangan.
- b. *Mechanical resin application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber menggunakan bantuan mesin dan berlangsung secara kontinyu.



Gambar 2.4 Metode *hand lay up* (Sumber: Setyanto, 2012).

2. *Spray Up*

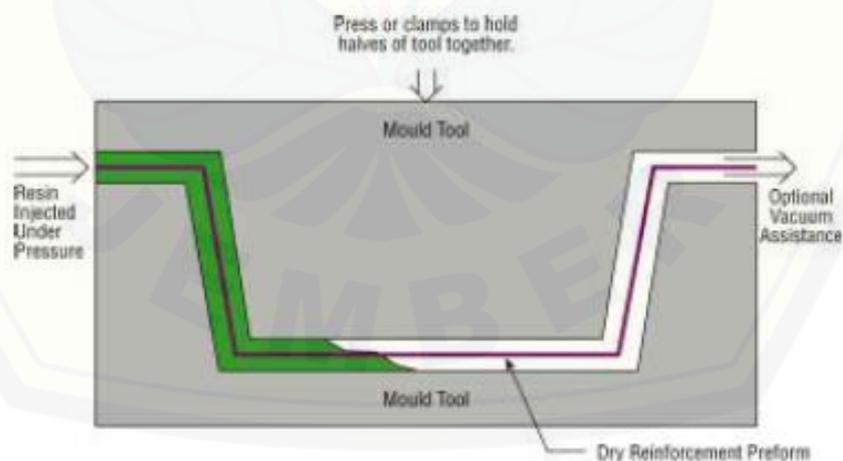
Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dari *hand lay-up*. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibre*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan dengan wadah tempat pencetakan *spray-up*. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5. *Spray-up* ini juga digunakan secara terbatas untuk mendapatkan *fiberglass splash* dari alat transfer. Aplikasi penggunaan dari proses ini adalah panel-panel, bodi karavan, bak mandi, sampan (Setyanto, 2012).



Gambar 2.5 Metode Penyemprotan untuk pencetakan material komposit plastik yang diperkuat serat (Sumber: Nurun Nayiroh, 2013).

3. *Pressure Bag*

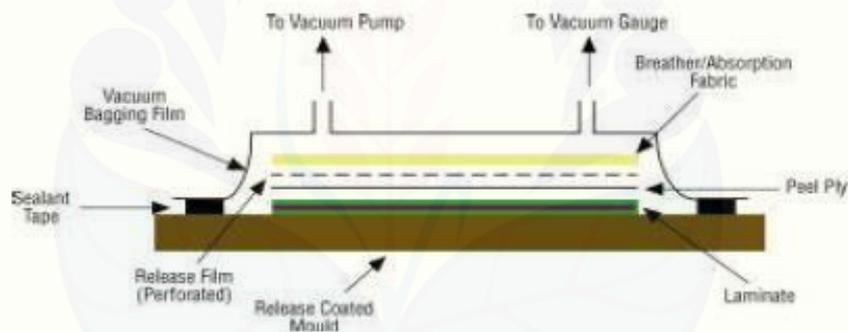
Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Biasanya tekanan yang diberikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Aplikasi dari metode *Pressure bag* ini adalah pembuatan tangki, wadah, turbin angin, vessel (Setyanto, 2012). Skema *Pressure bag* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Metode *pressure bag* (Sumber: Setyanto, 2012).

4. *Vacuum Bag*

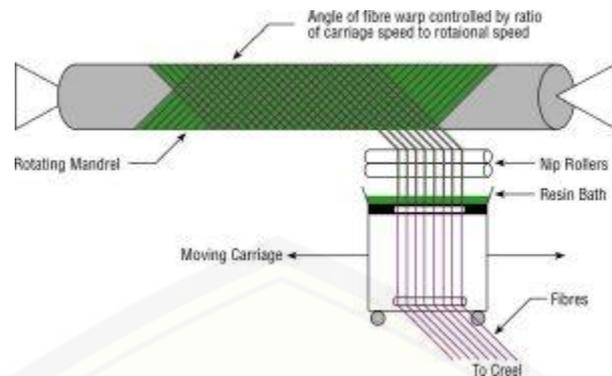
Vacuum bag adalah suatu metode pembuatan spesimen komposit dengan cara pengepresan dan merupakan penyempurnaan dari metode hand lay-up. Pada proses ini menggunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat dimana komposit yang akan dicetak. Udara yang ada dalam wadah divakumkan, maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang ada didalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan. Metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih terhadap rasio resin / kaca. Aplikasi dari metoda *vacuum bag* ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap, perahu, dan lain-lain (Setyanto, 2012). Skema Metode *Vacuum Bag* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Metode *vacuum bag* (Sumber: Setyanto, 2012).

5. *Filament winding*

Filament winding merupakan salah satu metode pembuatan komposit dimana *fiber tipe roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan tangensial seperti pada Gambar 2.8. Proses ini dilakukan berulang, sehingga didapatkan lapisan serat dan sesuai dengan yang diinginkan. Bagian yang paling sering dibuat oleh metode ini adalah pipa silinder, *drive shaft*, tangki air, tangki tekanan bola dan tiang-tiang kapal pesiar (Setyanto, 2012).



Gambar 2.8 Metode *fillament winding* (Sumber: Setyanto, 2012).

2.2 Pipa Komposit

Penggunaan pipa komposit merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan korosi yang dihadapi dalam penggunaan pipa logam, terutama penggunaan pipa pada lingkungan yang agresif. Jenis pipa komposit yang pada saat ini banyak digunakan pada industri migas adalah pipa *glass reinforced plastics* (GRP) atau sering juga disebut dengan *fiber reinforced plastics* (FRP). Beberapa kelebihan pipa komposit dibandingkan dengan pipa logam antara lain :

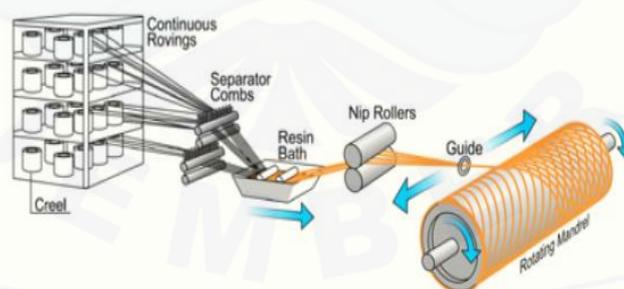
- a. Tahan terhadap korosi sehingga dapat mengurangi biaya perawatan terhadap korosi
- b. Tahan terhadap zat-zat yang bersifat reaktif
- c. Lebih ringan sehingga mengurangi beban di atas *platform*
- d. Rasio *strength to weight* yang tinggi
- e. *Surface finish* yang baik sehingga mengurangi *preassure loss*
- f. Ketahanan terhadap beban *fatigue* yang baik
- g. Metode keagalan yang *non catastrophic*, bocor sebelum pecah sehingga dapat dilakukan tindakan penanggulangan.
- h. Temperatur operasi terbatas, diatasi oleh *temperature transition* (T_g) dari resinnya. Jika temperatur operasi melebihi *temperature transition resin* maka pipa akan gagal akibat resinnya terdegradasi.
- i. Resinnya akan terdegradasi (pipa gagal) jika terlalu lama terek *post ultraviolet* dalam jangka panjang.

- j. Memiliki densitas yang rendah, sehingga kurang stabil pada penggunaan di bawah laut.
- k. Sulit untuk memiliki jenis sambungan yang tepat.

Proses manufaktur pipa komposit sangat berbeda dengan pipa logam, terutama pipa baja. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan sifat material dan pada pipa komposit tidak dapat dilakukan metode pengelasan sebagaimana yang dilakukan pada proses manufaktur pipa baja. Ada dua proses manufaktur yang bisa digunakan pada pipa komposit GRP, yaitu proses *centrifugal casting* dan proses *filament winding* (Statistianto, 2016).

2.3 Filament Winding

Filament winding merupakan salah satu metode pembuatan pipa komposit dimana serat (*fiber*) digulungkan pada mandrel yang sebelumnya dicelupkan kedalam bak yang berisi resin, sehingga serat dapat mengambil bentuk mandrel. Proses penggulangan serat pada mandrel dilakukan secara otomatis menggunakan mesin pengatur yang dilakukan secara berulang-ulang sampai diperoleh bentuk dan ketebalan sesuai yang diinginkan (Azhar, 2015). Skema proses produksi *filament winding* dapat dilihat pada Gambar 2.9.

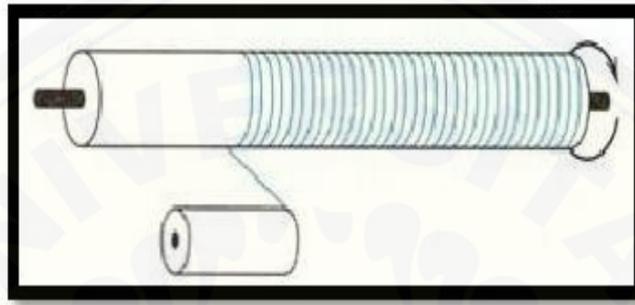


Gambar 2.9 Skema proses produksi *filament winding* (Sumber: Metodieva, 2015).

2.3.1 Macam-macam Pola Filament Winding

1. *Circumferential Winding*

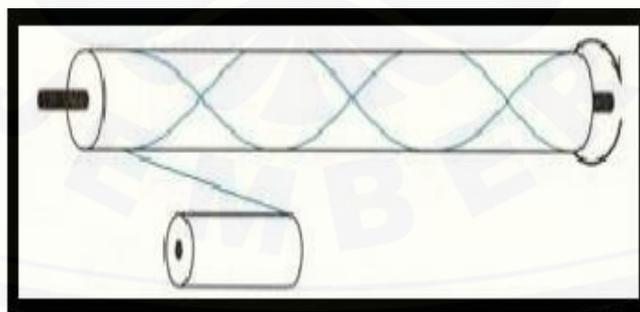
Circumferential winding adalah heliks sudut tinggi berliku yang mendekati sudut 90 derajat. Hal ini dikenal sebagai ketebalan atau melingkar berkelok-kelok (Azhar, 2016). Skema *Circumferential winding* dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.10 *Circumferential winding* (sumber: Azhar, 2016).

2. *Helical Winding*

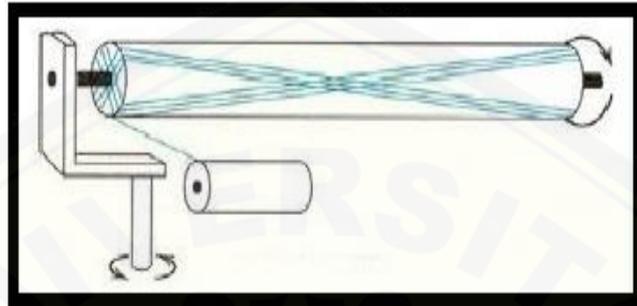
Dalam heliks berliku mandrel akan berputar pada kecepatan yang konstan. Sementara kereta pakan serat bergerak transverses bolak-balik pada kecepatan yang sudah diatur untuk menghasilkan yang diinginkan (Azhar, 2016). Skema *Helical Winding* dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 *Helical winding* (sumber: Azhar, 2016).

3. *Polar winding*

Dalam *polar winding* serat dibungkus dari kutub ke kutub, seperti lengan mandrel berputar sekitar sumbu longitudinal (Azhar, 2016) seperti pada Gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.12 *Polar winding* (sumber: Azhar, 2016).

2.3.2 Produk *Filament Winding*

Gambar di bawah adalah macam-macam Produk dari *filament winding* :



Gambar 2.13 Pipa (Sumber: Susinggih Wijana, 2012).



Gambar 2.14 Tangki penyimpanan (Sumber: Nurun Nayiroh, 2013).

2.4 Resin *Unsaturated Polyester*

Polyester adalah resin termoset yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah dan paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, dengan penambahan katalis *polyester* akan mengeras pada suhu kamar. Resin poliester banyak mengandung monomer stiren sehingga suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjang adalah kira-kira 110°C-140°C, ketahanan dingin resin ini relatif baik (Setiawan, 2016).

Jenis dari resin *polyester* yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe polyester jenuh (*saturated polyester*) seperti *Terylene*, yang tidak bisa mengalami curing dengan cara seperti ini. Resin *unsaturated polyester* merupakan matrik *thermo setting* yang paling banyak digunakan dalam pembuatan komposit GFRP (*Glass Fiber Reinforced Plastic*) karena dapat digunakan untuk pembuatan komposit dengan metode *hand lay up* hingga metode yang lebih kompleks seperti *filament winding*, *resin injection molding*, maupun *resin transfer molding*.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan jika akan menggunakan resin poliester, yaitu :

- a. *Shrinkage* (penyusutan volume) yang relatif tinggi pada saat pengerasan.
- b. Waktu pengerjaan yang terbatas, karena akan mengeras sendiri jika didiamkan terlalu lama.



Gambar 2.15 Resin *unsaturated polyester Eterset 2504*.

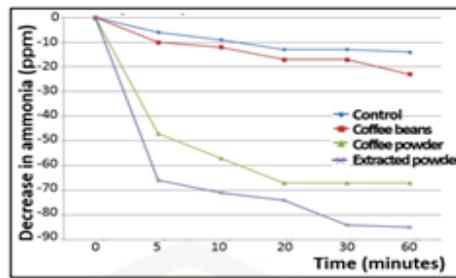
Tabel 2.1 Spesifikasi resin *polyester* (*Thermoset Unsaturated Polyester, Substance & Technologies*).

Resin <i>Unsaturated Polyester</i> Eterset 2504		
Sifat	Nilai Satuan dalam Matrik	Nilai dalam Satuan US
Densitas	$1,12 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$	70 lb/ft ³
Modulus Elastisitas	3,4 Gpa	493 Ksi
Kekuatan Tarik	60 Gpa	870 Psi
Penguluran	2 %	2 %
Kekuatan Lendut	113 Mpa	16400 Psi
Ekspansi Termal	$31 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$	17×10^{-6} in/(in.hr)
Konduktivitas Termal	0,17 W/(m.K)	1,18 BTU.in/(hr.ft ² .°F)
Temperatur Kerja Maksimum	170 °C	325 °F

2.5 Ampas Kopi

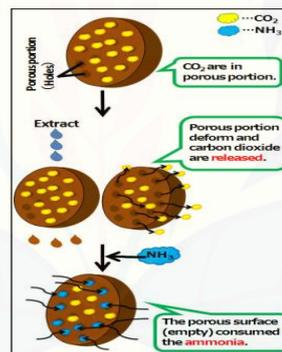
Kopi merupakan minuman yang paling populer didunia. Sedangkan di wilayah kabupaten Jember merupakan ladang produksi kopi contohnya saja pada kecamatan Silo, Panti, Sumberbaru dan Ledokombo. Pusat Penelitian kopi juga terdapat di Jember tepatnya di kecamatan Jenggawah. Hal tersebut mengindikasikan bahwasanya kopi adalah komoditi besar di daerah Jember dan ampas yang terdapat pada kopidikenal sebagai SCG (*Spent Coffee Ground*) akan banyak dihasilkan.

Kopi sendiri selain dapat diminum, biji kopi juga diidentifikasi mempunyai manfaat yang dapat menyerap bau, dan ditempatkan di banyak tempat untuk mengeliminasi bau busuk. Pada penelitian yang dilakukan oleh Oiwa & Okuzawa, 2015. Mereka meneliti bagaimana efek biji kopi, bubuk kopi dan bubuk kopi yang sudah diekstrak/ampas kopi terhadap penyerapan bau dari ammonia selama 60 menit.



Gambar 2.16 Perubahan kandungan gas amonia yang diserap terhadap waktu (Sumber: Oiwa dan Okuzawa, 2015).

Terlihat pada grafik bahwa bubuk kopi yang sudah dicampur dengan air pada suhu 100 °C disini dinamakan *extracted powder* mempunyai penyerapan yang paling bagus terhadap gas amonia yaitu sebesar 85 ppm, sedangkan bubuk kopi atau *coffee powder* dan biji kopi *coffee bean* dapat menyerap bau sebesar 67 dan 23 ppm.



Gambar 2.17 Mekanisme penyerapan gas amonia (Sumber: Oiwa & Okuzawa, 2015).

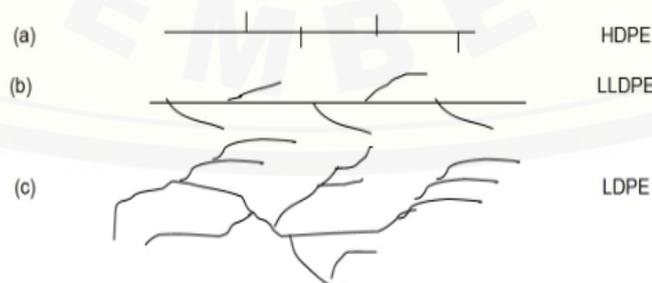
Biji kopi yang mengandung karbon dioksida dapat dikeluarkan ketika dipanggang (*roasted*), penggilingan dan proses ketika mendidihkan dengan air. Hal ini menyebabkan material menjadi lebih berlobang dan mengakibatkan luasan permukaan dari bubuk kopi menjadi lebih besar. Gas amonia tersebut mengisi bagian dari kopi yang berlobang atau *porous*. Dengan demikian akibat adanya biji kopi maupun bubuk kopi yang sudah diekstrak atau ampas kopi penyerapan gas amonia dapat berlangsung (Oiwa *et al.*, 2015).

2.6 Polietilen (PE)

Polietilen merupakan suatu kopolimer etilen dengan rumus kimia $-(CH_2 - CH_2)_n$. Berdasarkan bentuk strukturnya polietilen terbagi menjadi :

- HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah suatu jenis polietilen yang berbentuk lurus, padat, kaku, mempunyai berat jenis ($0,941-0,965 \text{ g/cm}^3$), titik leleh sekitar 135°C serta mempunyai derajat kristalinitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan polietilen lainnya. Polimer ini dihasilkan pada tekanan rendah, dengan katalis Ziegler–Natta.
- LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*), merupakan suatu polimer yang berbentuk lurus, dengan jenis cabang rantai pendek dan mempunyai berat jenis $0,926-0,940 \text{ g/cm}^3$. Polimer ini tidak begitu kaku seperti HDPE dan tidak begitu amorf seperti LDPE.
- LDPE (*Low Density Polyethylene*) adalah suatu jenis polietilen yang mempunyai banyak cabang dengan rantai yang agak panjang, dan dihasilkan pada proses tekanan tinggi melalui reaksi radikal. Akibat banyaknya cabang, maka polimer ini mempunyai berat jenis yang lebih rendah yaitu $0,910-0,925 \text{ g/cm}^3$ dengan jumlah cabang rata-rata berkisar sekitar $1/20$ sampai $1/100$ gugus metilen per molekul dan titik leleh sekitar $105-115^\circ\text{C}$. Polimer ini lebih bersifat amorf dan kurang bersifat kristalin dibandingkan polietilen lainnya (Resmi Bestari Muin *et al.*, 2013).

Bentuk struktur ketiga jenis polietilen tersebut dapat digambarkan seperti berikut :

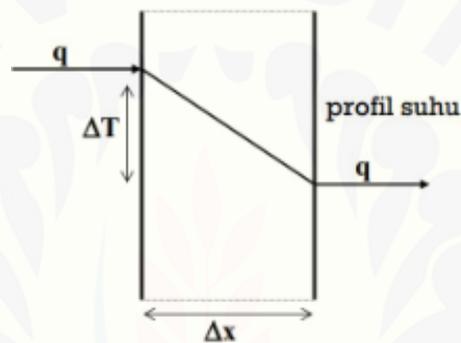


Gambar 2.18 Bentuk struktur polietilen (Sumber: Resmi Bestari dan Muin, 2013).

2.7 Konduktivitas *Thermal*

Konduktivitas *thermal* adalah sifat bahan yang menunjukkan seberapa cepat bahan itu dapat menghantarkan panas konduksi. Pada umumnya nilai k dianggap tetap, namun sebenarnya nilai (k) dipengaruhi oleh suhu (T). Konduktor merupakan bahan yang memiliki konduktivitas yang baik seperti logam, sedangkan isolator adalah suatu bahan yang memiliki konduktivitas yang jelek contohnya asbes. (Egi Yuliora, 2016).

Skema perpindahan panas konduksi pada satu bidang datar (Slab) dapat dilihat pada Gambar 2.17 berikut



Gambar 2.19 Perpindahan panas konduksi pada satu bidang datar (Sumber: Egi Yuliora).

Berdasarkan Gambar 2.17 di atas dapat ditulis :

$$Q_k = - \frac{\Delta T}{\Delta x / kA} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

Q_k = Laju perpindahan panas secara konduksi (kj/det, W)

k = Konduktivitas termal ($W/m^{\circ}K$)

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = Kenaikan Suhu ($^{\circ}C$, $^{\circ}F$)

Δx = Panjang atau tebal benda (m/det)

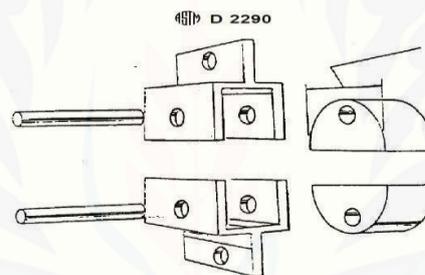
Faktor-faktor yang mempengaruhi laju perpindahan kalor secara konduksi yaitu:

1. Apabila suhu meningkat maka konduktivitas termalnya akan menurun.
2. Semakin besar luas permukaan makin cepat perpindahan kalor.
3. Konduktivitas termal zat k , merupakan ukuran kemampuan zat menghantarkan kalor, makin besar nilai k makin cepat perpindahan kalor.

2.8 Karakterisasi

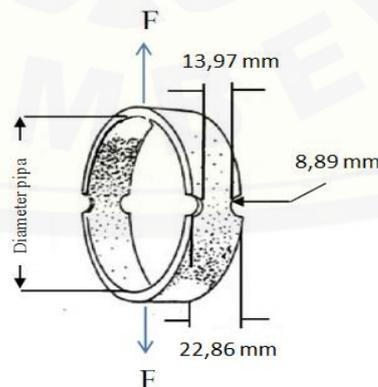
2.8.1 Pengujian Tarik Pipa Komposit

Pengujian tarik pipa komposit dilakukan dengan mesin uji tarik yang mengacu pada standar ASTM D 2290. Pada pengujian tarik ini membutuhkan alat bantu untuk melakukan pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 2.17



Gambar 2.20 Alat bantu pengujian tarik pipa komposit ASTM D 2290 (Sumber: ASTM D 2290, 2000).

Bentuk dan dimensi spesimen menurut Standar ASTM D 2290 di tunjukkan oleh Gambar 2.21



Gambar 2.21 Bentuk spesimen uji tarik (Sumber: ASTM D 2290, 2000).

Perhitungan kuat tarik menurut Standar ASTM D 2290 menggunakan rumus :

$$\sigma_a = p_b / 2A_m \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

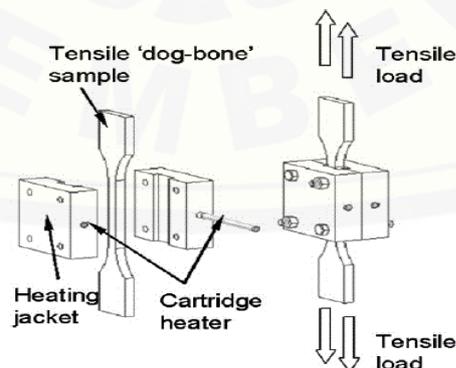
σ_a = Tegangan Tarik Maksimum (Mpa)

P_b = Beban Maksimum (N)

A_m = Luas Area Minimum (in^2)

2.8.2 Pengujian *Thermal* Mekanis

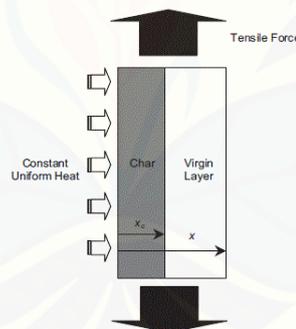
Pengujian *thermal* mekanis merupakan pengujian kekuatan mekanis dengan diberi pemanasan pada material tersebut. Pada penelitian ini kekuatan mekanis yang diukur ialah kekuatan tarik. Pengukuran kekuatan tarik ini mengalami beberapa kesulitan karena temperatur sering melewati jarak uji pemanasan dan juga masalah mengenai pegangan yang selip atau kegagalan selama proses. Satu metode yang dapat mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan *heated gauge length set-up*. Sampel konvensional untuk uji tarik dengan temperatur kontrol terdiri atas balok metal dan pemanas desain jepit . Keuntungan dari desain ini ialah menjaga pegangan sampel tetap dingin dan mencegah keselipan atau deformasi. (Moritz *et al.*, 2006).



Gambar 2.22 Sampel uji *thermal* mekanis (Sumber: Mouritz dan Gibson, 2006).

Analisis *thermal*-mekanis bisa digambarkan melalui pemodelan dua lapis. Model dua lapis (*two layer model*) digunakan untuk menghitung sifat mekanis dari laminate dibawah kombinasi pembebanan tarik dan pemanasan pada satu sisi serta model laminasi untuk memprediksi sifat dibawah pengaruh pembebanan tarik dan pemanasan pada salah satu sisi. Model diasumsikan mengalami pemanasan pada laminate-nya pada kedua lapisannya: salah satunya tidak terkena panas dan yang lainnya menjadi arang. Skema dari kondisi material tertera pada gambar di bawah ini. Secara sederhana, kekuatan tarik mempengaruhi lapisan arang diasumsikan konstan. Kekuatan tarik dari lapisan yang belum terkena panas tersebut juga diasumsikan konstan dan juga nilai kekuatan tariknya berdasarkan suhu kamar meskipun kenyataanya kekuatan tarik dari lapisan yang belum terkena panas ialah tidak konstan.

Kekuatannya terendah pada batas arang dan meningkat pada permukaan yang tidak terkena panas. Setidaknya pendekatan ini sangat membantu dalam menginterpretasikan sifat sisa setelah pemanasan (Moritz *et al.*, 2006).



Gambar 2.23 Skema dari sebuah laminate dibawah pembebanan tarik dengan pemodelan dua lapis yang terdiri dari arang dan daerah yang belum terkena panas (Sumber: Mouritz dan Gibson, 2006).

2.8.3 Pengujian Morfologi

Kegagalan dari bahan teknik hampir selalu tidak diinginkan terjadi karena beberapa alasan seperti membahayakan hidup manusia, kerugian dibidang ekonomi dan gangguan terhadap ketersediaan produk dan jasa. Meskipun penyebab kegagalan dan sifat bahan mungkin diketahui, pencegahan terhadap kegagalan sulit untuk dijamin. Kasus yang sering terjadi adalah pemilihan bahan

dan proses yang tidak tepat dan perancangan komponen kurang baik serta penggunaan yang salah. Menjadi tanggung jawab para insinyur untuk mengantisipasi kemungkinan kegagalan dan mencari penyebab pada kegagalan untuk mencegah terjadinya kegagalan lagi (William D. Callister, 2007).

Definisi patah secara sederhana yaitu pemisahan sebuah bahan menjadi dua atau lebih potongan sebagai respon dari tegangan static yang bekerja dan pada temperatur yang relatif rendah terhadap temperatur cairnya. Dua model patah yang mungkin terjadi pada bahan teknik adalah patah liat (*ductile fracture*) dan patah getas (*brittle fracture*). Klasifikasi ini didasarkan pada kemampuan bahan mengalami deformasi plastik. Bahan liat (*ductile*) memperlihatkan *deformasi plastic* dengan menyerap energi yang besar sebelum patah. Sebaliknya, patah getas hanya memperlihatkan deformasi plastik yang kecil atau bahkan tidak ada. Setiap proses perpatahan meliputi dua tahap yaitu pembentukan dan perambatan sebagai respon terhadap tegangan yang diterapkan. Jenis perpatahan sangat tergantung pada mekanisme perambatan retak (William D. Callister, 2007).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama empat bulan yaitu bulan Juni sampai dengan Oktober tahun 2018.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

1. Mesin *Filament Winding*.

Mesin *fillamen winding* yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.1 Mesin *fillament winding*.

2. Ayakan dengan Ukuran 80 Mesh.

Ayakan dengan ukuran yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.2 Ayakan dengan ukuran 80 mesh.

3. Heater.

Heater yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.3 Heater.

4. Timbangan Digital.

Timbangan digital yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.4 Timbangan digital.

5. Heat Gun.

Heat gun yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.5 Heat gun.

6. Mesin Uji Tarik Standar *Universal Machine Testing* ESSOM TM 113
Mesin uji tarik standart *universal machine testing* ESSOM TM 113 yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.6 Mesin uji tarik standart *universal machine testing* ESSOM TM 113.

7. Cetakan Pipa

Cetakan pipa yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.7 Cetakan pipa.

8. Voltage Regulator

Voltage regulator yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.8 Voltage regulator.

3.2.2 Bahan

1. Benang Polietilen (PE).

Benang polietilen (PE) yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.9 Benang polietilen (PE).

2. Resin *Unsaturated Polyester eterset 2504 APT*.

Resin *unsaturated polyester eterset 2504 APT* yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.10 *Resin unsaturated polyester eterset 2504 APT*.

3. Ampas Kopi

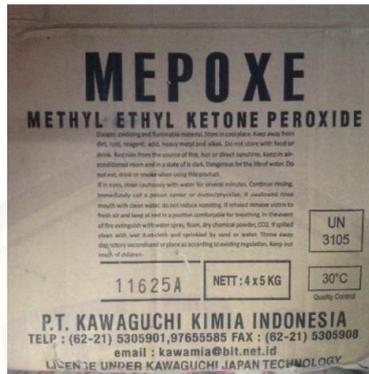
Ampas kopi yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.11 Ampas kopi.

4. Katalis

Katalis yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.12 Katalis.

3.3 Prosedur Penelitian

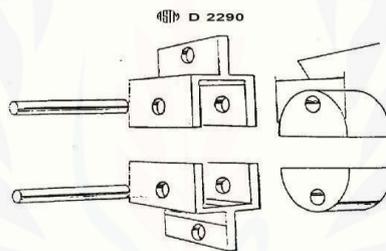
3.3.1 Langkah – langkah Pembuatan Sampel

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengayak ampas kopi dengan ayakan *stean lees* dengan ukuran mesh 80.
3. Meletakkan benang polietilen (PE) pada cetakan pipa tabung di mesin *filament winding*.
4. Menyiapkan campuran resin, ampas kopi, dan katalis sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
5. Meletakkan ampas kopi yang sudah diayak ke wadah campuran resin dan katalis.
6. Menuangkan campuran resin, katalis dan ampas kopi ke bak resin yang ada di mesin *filament winding*.
7. Menghidupkan mesin *filament winding* dan mengatur kecepatan sesuai dengan yang diinginkan untuk menentukan jarak benang yang akan terbentuk.
8. Setelah pipa komposit terbentuk kemudian memutus benang dari material yang ada di cetakan pipa, dan mematikan mesin yang menggerakkan bak campuran resin dan ampas kopi.
9. Membiarkan mesin yang menggerakkan mandrel tetap hidup sampai pipa komposit kering.

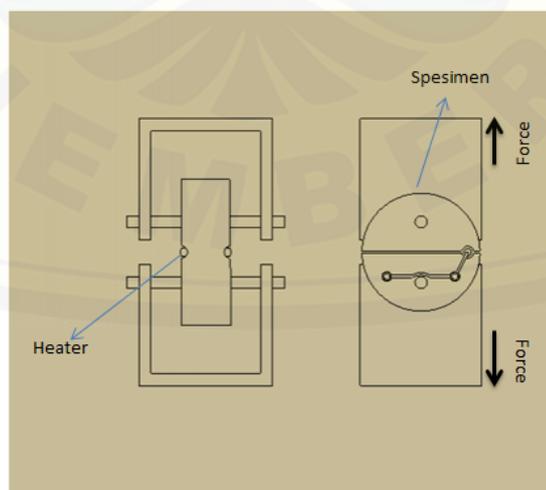
10. Setelah kering melepaskan spesimen pipa komposit yang sudah terbentuk pada cetakan.

3.3.2 Langkah – langkah Pengujian Sampel *Thermal* Mekanis

1. Memotong sampel sesuai dengan standar pengujian tarik ASTM D 2290
2. Memasang *heater* pada pencekam uji tarik.
3. Memasang sampel yang sudah di potong pada pencekam uji tarik.
4. Mengatur suhu menggunakan *voltage regulator* untuk menjaga supaya suhu tidak berubah dan tetap stabil.
5. Pemanasan dilakukan selama 20 menit.
6. Setelah di tahan selama 20 menit kemudian sampel di ujitarik.
7. Mencatat hasil data dari mesin uji tarik.



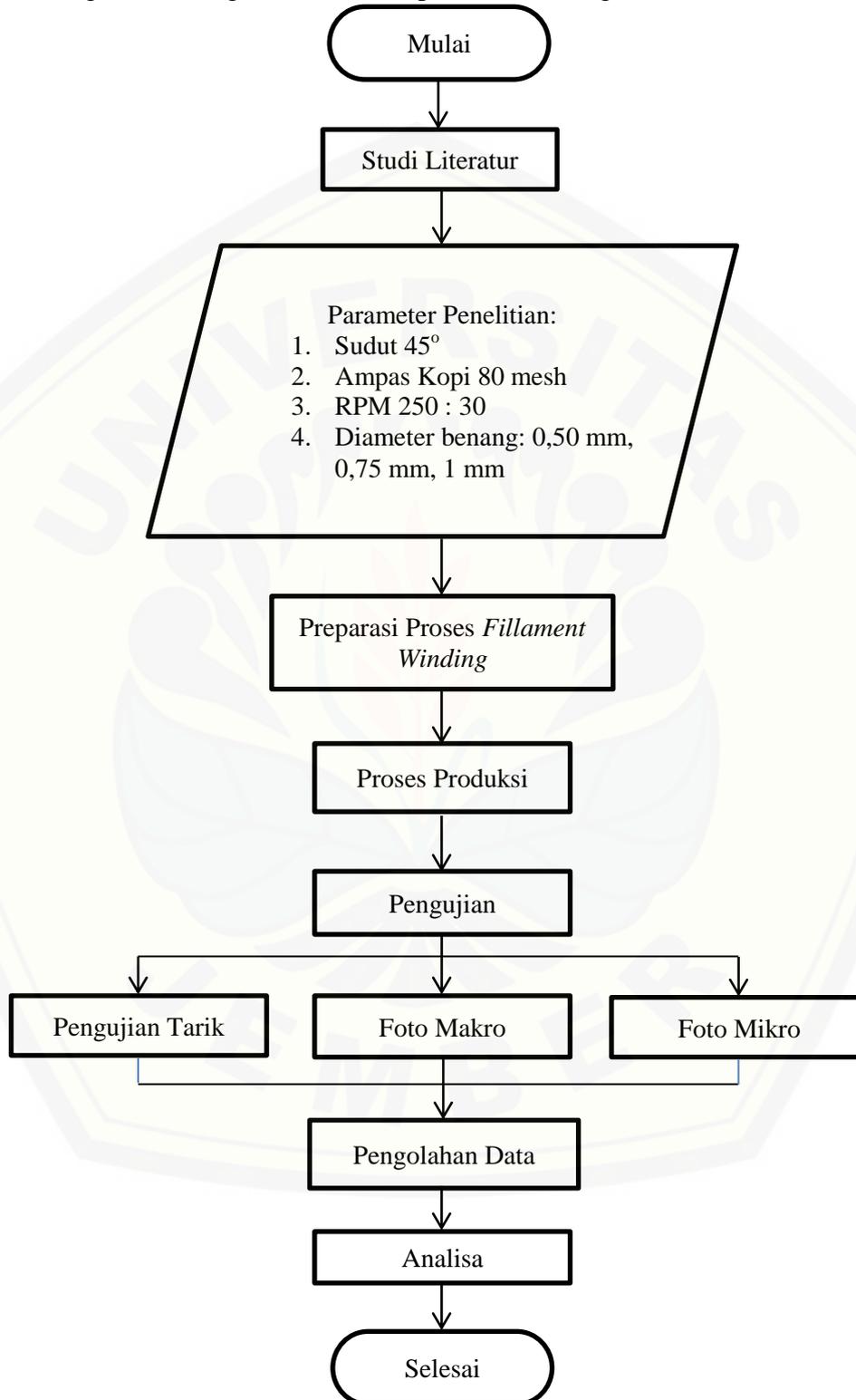
Alat Bantu pengujian tarik pipa komposit ASTM D2290
(Sumber: ASTM D2290, 2000).



Gambar 3.13 Skema pengujian *thermal* mekanis.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Digunakan diagram alir dalam penelitian, sebagai berikut:



Gambar 3.14 Diagram alir penelitian.

BAB. 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar diameter benang pada pipa koposit berbahan ampas kopi diantara variasi diameter benang 0,50 mm sampai 1 mm nilai kekuatan tariknya semakin meningkat yaitu 12,13 Mpa sampai 15,38 Mpa.
2. Semakin besar suhu pengujian yang diberikan akan menurunkan nilai kekuatan tarik di setiap diameter benang dikarenakan komposit mengalami pelunakan.
3. Kondisi foto makro pada suhu ruang dan 40°C terjadi patah getas, pada variasi suhu 100°C sampai 120°C terjadi patah *fiber pull out*. Sedangkan kondisi foto mikro menunjukkan adanya void pada setiap spesimen, pada variasi suhu antara 100°C dan 120°C terjadi *cracking*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan benang polietilen (PE) dikarenakan permukaan benang licin dan tidak berikatan secara sempurna terhadap *matrix unsaturated polyester*.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, D. W. 2016. *Designing Of Filament Winding*. 1-11.
- ASTM D 2290. 2000. *Standard Test Method for Apparent Hoop Tensile Strength of Plastic or Reinforced Plastic Pipe by Split Disk Method*. United States.
- Banowati, L., W. A. Prasetyo., dan D. M. Gunara. 2017. Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° ° Dan 90° ° Pada Struktur Komposit Serat Mendong Dengan Menggunakan Epoksi Bakelite EPR 174. *INFOMATEK*. 1-8.
- Ferreiraa, J. M., O. A. Z. Errajhib., dan M. O. W. Richardsonb. 2006. *Thermogravimetric Analysis Of Aluminised E-Glass Fibre Reinforced Unsaturated Polyester Composites*. *Polymer Testing*. 1091–1094.
- Fuferti.Z, M. A., dan S. d. Ratnawulan. 2013. Perbandingan Karakteristik Fisis Kopi Luwak (Civet coffee) dan Kopi Biasa Jenis Arabika. *Pillar Of Physich*. 68-75.
- Gibson, R. F. 2012. *Principles Of Composite Material Mechanics*.
- Hardoyo, K. 2008. Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Partikel SiO₂ Dengan Matriks Resin Polyester. *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Haryati, N. 2008. Kontribusi Komoditas Kopi Terhadap Perekonomian Wilayah Kabupaten Jember. 56-69.
- Kandare, E., B. K. Kandola, D. Price, S. Nazare., dan R. A. Horrocks. 2008. *Study of the thermal decomposition of flame-retarded unsaturated polyester resins by thermogravimetric analysis and Py-GC/MS*. *Polymer Degradation and Stability*. 1996–2006.
- Manap, N., A. Jumahat., dan N. Sapiai. 2015. *Effect Of Nanosilica Content On Longitudinal And Transverse Tensile Propertise Of Unidirectional Kenaf Composite*. *Jurnal Teknologi*. 123-130.
- Moritz, A. P., dan A. G. Gibson. 2006. *Fire Properties of Polymer Composite Materials*. Springer.
- Nayiroh, N. 2013. *Teknologi Material Komposit*. 1-21.

- Obokuro, M., Y. Takahashi., dan H. Shimizu. 2008. *Effect of Diameter of Glass Fibers on Flexural Properties of Fiber-reinforced Composites*. Dental Materials Journal. 541 – 548.
- Oiwa, Y., dan F. Okuzawa. 2015. *Deodorant Effect of Coffee Beans*. P_CHM.
- Pambudi, R. F. H., A. S., A. Triono., dan Sumarji. 2018. Pengaruh Variasi Layer Fiber Glass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Polyester*-Ampas Kopi.
- Porwanto, D. A., dan L. J. M. ST.MT. 2012. Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri.
- Rahmawati, A. 2015. Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) Dan High Density Polyethylene (HDPE Pada Campuran Laticion-WC Terhadap Karakteristik Marshall. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. 147-159.
- Resmi Bestari Muin ., dan H. Muin. 2013. Pengaruh Bahan Hasil Modifikasi Polietilene Terhadap Karakteristik Beton Normal (236M). Material.
- Saputra, A. D., M. F. R. H, A. Triono., dan I. Sholahuddin. 2017. Pengaruh Orientasi Sudut Lilitan Benang Katun Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pipa Komposit *Filament Winding*. Jurnal Rotor.
- Sari, N. H., Sinarep, A. Taufan., dan I. Yudhyadi. 2011. Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat Gelas Dengan Matrik Urea Formaldehyde. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. 91-97.
- Setiawan, R. A. 2016. Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Komposit Dengan Matrik Polyester Eterset 2504 Apt. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik.
- Setyanto, R. H. 2012. Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya. *Performa*. 9 - 18.
- Statistiano, I. T. 2016. Fabrikasi Dan Pengujian Tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat Wol Dengan Aditif Partikel Montmoriillonite. *Skripsi*. Jember: Fakultas teknik.
- Widiyanto, A., Ngafwan., dan A. Yulianto. 2015. Analisa Pipa KompositT Serat Batang Pisang *Polyester* Dengan Orientasi Serat 450/ -450 Terhadap Pengujian Tarik Dengan Variasi Temperatur Ruang Uji.
- William D. Callister, J. 2007. *Materials Science and Engineering*. Seventh Edition.
- Yousif, Z. N. A. a. B. F. 2013. *Thermal Degradation Study Of Kenaf Fibre/Epoxy Composites Using Thermo Gravimetric Analysis*. 3rd Malaysian Postgraduate Conference. 256-264.

LAMPIRAN

Lampiran A. Pengujian Termal Mekanis

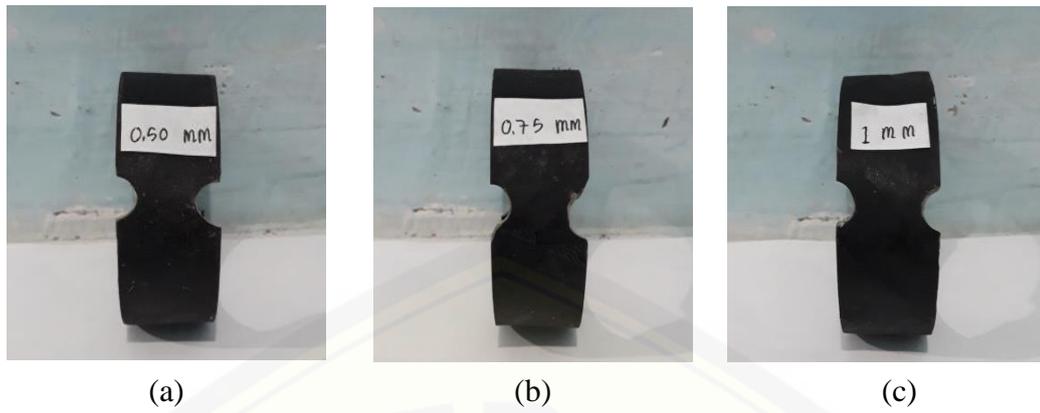
1. Tabel Data Hasil Pengujian

Sampel	Diameter benang	Temperature	Pengujian (Mpa)			Rata - rata (Mpa)
			1	2	3	
1	0,50 mm	Suhu Ruang	14.36	11.36	10.67	12.13
		40	8.18	9.66	11.36	9.73
		100	7.62	7.92	8.41	7.98
		120	5.93	6.26	6.08	6.09
2	0,75 mm	Suhu Ruang	13.98	11.28	16.21	13.82
		40	11.12	9.74	9.48	10.11
		100	8.77	8.47	8.81	8.68
		120	6.41	6.27	6.88	6.52
3	1 mm	Suhu Ruang	16.4	14.49	15.24	15.38
		40	9.79	13.93	13.47	12.4
		100	7.09	11.04	8.36	8.83
		120	7.08	7.4	6.58	7.02

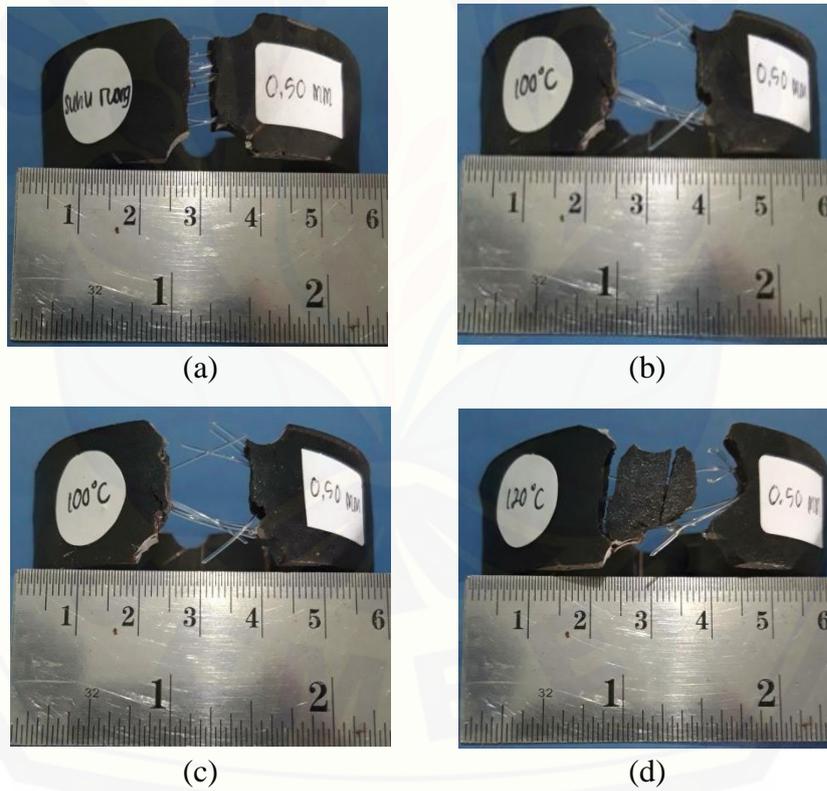
Lampiran B. Foto Penelitian



Gambar B1 Spesimen sebelum dipotong.



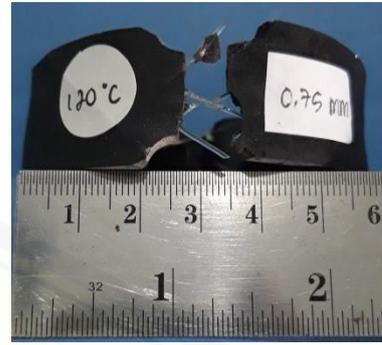
Gambar B2. Spesimen sesudah dipotong.



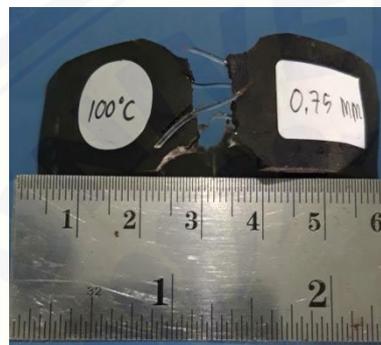
Gambar B3. Spesimen uji tarik diameter benang 0,50 mm.



(a)



(b)

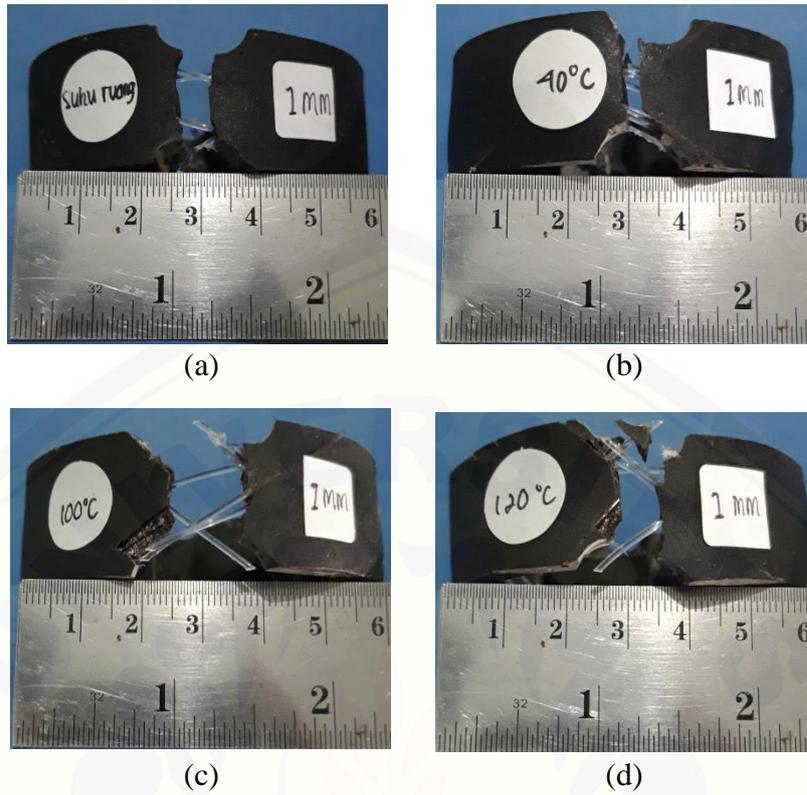


(c)



(d)

Gambar B4. Spesimen uji tarik diameter benang 0,75 mm.



Gambar B5. Spesimen uji tarik diameter benang 1 mm.



Gambar B6. Benang polietilen (PE).



Gambar B7. Mesin *filament winding*.



Gambar B8. Cetakan pipa komposit.



Gambar B9. Ayakan 80 mesh.



Gambar B10. Pencekam uji tarik.



Gambar B11. Penjemuran ampas kopi.



Gambar B12. Penjemuran ampas kopi.



Gambar B13. Proses pembuatan pipa komposit.



Gambar B14. *Heater.*



Gambar B15. *Heat gunt.*



Gambar B16. *Voltage regulator*.



Gambar B17. Pengujian tarik komposit.



Gambar B18. Pengujian *thermal* mekanis.



Gambar B19. Timbangan digital.