



**FABRIKASI DAN PENGUJIAN KEKUATAN TABUNG KOMPOSIT
PARTIKEL KOPI BERPENGUAT BENANG POLIETILEN**

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Rifa'i

131910101084

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019



**FABRIKASI DAN PENGUJIAN KEKUATAN TABUNG KOMPOSIT
PARTIKEL KOPI BERPENGUAT BENANG POLIETILEN**

SKRIPSI

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

Oleh

Muhammad Rifa'i

131910101084

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak dan Ibu saya tercinta,
2. Adik dan saudara-saudara tersayang dan nenek saya
3. Guru-guruku dari taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.
4. Pelatih-pelatih Perisai Diri Jember yang selalu memberi nasehat-nasehat yang baik.
5. Imam Sholahudin, S.T., M.T selaku dosen dan pembimbing saya yang sabar membimbing saya sampai selesai dan memotivasi saya untuk tetap belajar semangat dan sabar untuk mengejar sesuatu dalam hidup ini.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Ibu Rahma Rei Sakura S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Andi Sanata S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak memberi saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
7. “Material Research Group”, tim riset material yang telah memotivasi serta mendukung penuh.
8. Almamater yang saya banggakan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

MOTTO

“Harus selalu berusaha dan berjuang untuk mendapatkan kesuksesan.tuhan tidak pernah menuntut kita untuk menjadi sukses tetapi harus selalu berusaha, giat dan berjuang adalah proses menuju sukses”(Cak Nun)

“Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga dan bertaqwalah kepada allahsupaya kamu menang”(Qs.Al Imraan : 200)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rifa'i

NIM : 131910101084

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Fabrikasi Dan Pengujian Kekuatan Tabung Komposit Partikel Kopi Berpenguat Benang Polietilen” 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, 2019

yang menyatakan,

Muhammad Rifa'i

NIM 131910101084

SKRIPSI

**FABRIKASI DAN PENGUJIAN KEKUATAN TABUNG KOMPOSIT
PARTIKEL KOPI BERPENGUAT BENANG POLIETILEN**

Oleh

Muhammad Rifa'i

NIM 131910101084

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Fabrikasi Dan Pengujian Kekuatan Tabung Komposit Partikel Kopi Berpenguat Benang Polietilen” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 27 juni 2019

Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Sumarji S.T., M.T
NIP 196802021997021001

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

Tim Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Rahma Rei Sakura S.T., M.T.
NIP 760017115

Andi Sanata.T, M.T
NIP 197505022001121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Fabrikasi Dan Pengujian Kekuatan Tabung Komposit Partikel Kopi Berpenguat Benang Polietilen; Muhammad Rifa'i; 131910101084; 2019: halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit merupakan perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang baru dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Proses fabrikasi *Filament winding* merupakan salah satu metoda pembuatan pipa komposit dimana serat (*fiber*) digulungkan pada mandrel yang sebelumnya dicelupkan kedalam resin. Proses penggulangan serat pada mandrel dilakukan secara otomatis menggunakan mesin pengatur yang dilakukan secara berulang-ulang sampai diperoleh bentuk dan ketebalan sesuai yang diinginkan.

Kopi merupakan salah satu minuman yang populer di dunia. Produksi biji kopi ditahun 2014 sudah mencapai 9 Billion kilogram. Daerah sekitar kabupaten Jember merupakan ladang produksi kopi contohnya saja pada kecamatan Silo, Panti, Sumberbaru dan Ijen. Pusat Penelitian kopi juga ada di kota Jember dan di kecamatan Jenggawah. Banyaknya kebun tersebut mengindikasikan bahwasanya kopi merupakan komoditi besar di daerah Jember dan ampas kopi, bekas seduhan kopi yang dikenal sebagai SCG (*Spent Coffee Ground*) akan banyak dihasilkan. Kopi selain dijadikan minuman, dapat juga diidentifikasi mempunyai efek penyerapan bau, dan ditempatkan di banyak tempat untuk mengeliminasi bau busuk.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan, jurusan teknik mesin, Fakultas Teknik, universitas Jember. Pada bulan juli 2018 hingga januari 2019. Penelitian ini mengambil data kekuatan tarik dan bending yang dihasilkan dengan metode filament winding dengan pengulangan 3 kali untuk tiap variasinya.

Hasil pengujian uji tarik komposit limbah kopi berpenguat serat polietilen pada titik-titik tabung komposit dari setiap kekuatan paling tinggi pada titik tengah dengan variasi diameter benang, benang diameter 0.30 kekuatan tarik pada titik tengah 1.24 Mpa, diameter benang 0.35 pada titik tengah meningkat pada diameter lebih besar dengan kekuatan tariknya 5,31 Mpa dan diameter 0.40 meningkat pada titik tengah 7.86 Mpa semakin besar diameter benang kekuatan semakin besar juga. Pada semua hasil pengujian uji bending komposit limbah kopi berpenguat serat polietilen pada titik-titik tabung komposit dari setiap kekuatan paling tinggi pada titik tengah dengan variasi diameter benang, benang diameter 0.30 kekuatan tarik pada titik bawah 2.08 Mpa, diameter benang 0.35 pada titik bawah meningkat pada diameter lebih besar dengan kekuatan tariknya 2.74 Mpa dan diameter 0.40 meningkat pada titik tengah 5.94 Mpa semakin besar diameter benang kekuatan semakin besar juga. Kondisi morfologi spesimen tabung komposit setelah dilakukan pengujian tarik dan bending menunjukkan bahwa faktor utama kegagalan yaitu adanya rongga pada komposit akibat terbentuknya *void*. *Void* sendiri adalah udara yang terperangkap pada proses berlangsungnya pengeringan komposit dan juga yang mempengaruhi kekuatan pada komposit tidak ada ikatan antara matrik dan penguat tidak saling berikatan dan menyebabkan komposit itu sendiri getas.

SUMMARY

Fabrication And Testing The Strength Of The Polyethyl Yarn Coffee Particle Composite Tube; Muhammad Rifa'i; 131910101084; 2019: 107 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

Composite is a combination of materials selected based on a combination of the physical properties of each constituent material to produce new material with new properties compared to the nature of the base material before it is mixed and there is a surface bond between each constituent material. From the mixture, composite materials will be produced which have mechanical properties and different characteristics from the forming material.

Fabrication process Filament winding is one method of making composite pipes where fibers are rolled on a mandrel which was previously dipped in resin. The process of rolling fiber on a mandrel is done automatically using a regulating machine that is done repeatedly until the desired shape and thickness are desired.

Repeatedly until the desired shape and thickness are desired.

Coffee is one of the most popular drinks in the world. Production of coffee beans in 2014 has reached 9 Billion kilograms. The area around Jember Regency is a coffee production field, for example, in Silo, Panti, Sumberbaru and Ijen sub-districts. The Coffee Research Center is also located in the city of Jember and in the Jenggawah sub-district. The number of these gardens indicates that coffee is a large commodity in the area of Jember and coffee grounds, formerly brewed coffee known as SCG (Spent Coffee Ground) will be produced by many coffees in addition to being made drinks, can also be identified as having odor absorption effects, and placed in many places for eliminate foul smell.

This research was conducted in the Applied Technology Laboratory, mechanical engineering department, Faculty of Engineering, Jember University.

In July 2018 to January 2019. This study took the data of tensile and bending strength produced by the filament winding method with repetitions 3 times for each variation.

Test results of tensile test of coffee waste composite reinforced with polyethylene fiber at composite tube points of each highest strength at midpoint with variations in yarn diameter, thread diameter 0.30 tensile strength at midpoint 1.24 Mpa, thread diameter 0.35 at midpoint increasing in more diameter with a tensile strength of 5.31 Mpa and a diameter of 0.40 increasing at midpoint 7.86 Mpa the greater the yarn diameter the greater the strength. In all the results of testing the bending test of coffee waste composite reinforced with polyethylene fibers at composite tube points of each highest strength at midpoint with variations in yarn diameter, yarn diameter 0.30 tensile strength at the lower point 2.08 Mpa, yarn diameter 0.35 at the lower point increases at a larger diameter with tensile strength 2.74 Mpa and diameter 0.40 increases at midpoint 5.94 Mpa the greater the thread diameter the greater the strength also. Morphological conditions of tube specimens k Composite after tensile and bending testing showed that the main factor of failure was the presence of cavities in the composite due to the formation of voids. Void itself is air trapped in the process of composite drying and also affects the strength of the composite there is no bond between the matrix and the reinforcement does not bind to each other and causes the composite itself to be brittle.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Fabrikasi Dan Pengujian Kekuatan Tabung Komposit Partikel Kopi Berpenguat Benang Polietilen”. 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 Univeritas Jember.

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

1. Bapak Dr. Agus Triono S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Sumarji S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini. serta Ibu Rahma Rei Sakura S.T, M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Andi Sanata S.T, M.T selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi.
2. Rekan kerjaku keluarga besar MRG yang selalu memberikan dukungan, 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 memerikan manfaat bagi dan pembaca.

Jember, 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	xiii
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Hipotesa	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	5
2.1.1 Pengikat(Matrik).....	6
2.1.2 Penguat (<i>reinforcement</i>) Komposit	7
2.2 Metode Pembuatan Komposit	8
2.2.1 Hand Lay Up.....	8
2.2.2 Metode Vacuum Molding.....	8
2.2.3 Vacuum Bag	9
2.2.4 Spray Up	9
2.2.5 Filament Winding	10
2.3 Polyester	12
2.4 Metode Filament Winding	11

2.4.1 Prinsip Filament winding.....	12
2.4.2 Jenis-Jenis Pola Mesin Filament winding.....	12
2.5 Serat Benang Polietilen/<i>Polystyene</i>	14
2.6 Ampas Kopi	16
2.7 Pengujian Tarik Pipa Komposit	17
2.8 Pengujian Bending Pipa Komposit.....	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	23
3.2 Alat Dan Bahan	23
3.2.1 Alat.....	23
3.2.2 Bahan	24
3.3 Variabel Penelitian.....	25
3.3.1 Variabel Bebas	25
3.3.2 Variabel Terikat	25
3.4 Prosedur Penelitian	25
3.4.1 Langkah-Langkah Pembuatan Mesin Filamant Winding	25
3.4.2 Langka-Langka Bembuatan Sampel	25
3.4.3 Langka-langka pengujian Sampel.....	26
3.4.4 Langka-langka pengujian foto mikro.....	26
3.5 Diagram Alur Penelitian.....	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian	28
4.4.1 Hasil Uji Tarik Komposit	28
4.4.2 Hasil Uji Bending Komposit.....	32
4.2 Pembahasan.....	37
4.2.1 Analisa Morfologi Pengujian Makro Komposit	37
4.2.1 Analisa Morfologi Pengujian Mikro Komposit	42
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Dari Resin Thermoset Polyester pada 23 °C	11
Tabel 2.2 Geometry Spesiment ASTM D3039	18



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Metode Hand Lay Up.....	8
Gambar 2.2 Metode Vacuum Bag	9
Gambar 2.3 Metode Spray Up	9
Gambar 2.4 Metode Fimaent winding	10
Gambar 2.5 Skematik representasi dari thermoset	11
Gambar 2.6 Skema Proses Produksi Filament winding	12
Gambar 2.7 Circumferential Winding	13
Gambar 2.8 Helical Winding	13
Gambar 2.9 <i>Polar Winding</i>	13
Gambar 2.10 Perubahan kandungan gas ammonia yang diserap terhadap waktu	16
Gambar 2.11 Mekanisme Penyerapan Gas Ammonia	17
Gambar 2.12 Diameter Spesiemen Uji Tarik	19
Gambar 2.13 Pengujian Bending ASTM D790	20
Gambar 2.14 Specimen Uji Bending ASTM 790	21
Gambar 3.1 Alat Uji <i>Universal Testing</i>	23
Gambar 4.1 Grafik Uji Tarik Diameter Benang 0.30	29
Gambar 4.2 Grafik Uji Tarik Diameter Benang 0.35	30
Gambar 4.3 Grafik Uji Tarik Diameter Benang 0.40	31
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Tarik Diameter Benang.....	32
Gambar 4.5 Grafik Uji Bending Diameter Benang 0.30	33
Gambar 4.6 Grafik Uji Bending Diameter Benang 0.35	34
Gambar 4.7 Grafik Uji Bending Diameter Benang 0.40	35
Gambar 4.8 Grafik Uji Bending Diameter Benang	36
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Makro Komposit Spesiemen Uji Tarik	38
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Makro Komposit Spesiemen Uji Bending.....	41
Gambar 4.11 Hasil Pengujian Mikro Komposit Spesiemen Uji Tarik diameter benang 0.30	42

Gambar 4.12 Hasil Pengujian Mikro Komposit Spesimen Uji Tarik diameter benang 0.35	43
Gambar 4.13 Hasil Pengujian Mikro Komposit Spesimen Uji Tarik diameter benang 0.40	44
Gambar 4.14 Hasil Pengujian Mikro Komposit Spesimen Uji Bending Diameter Benang 0.30	45
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Mikro Komposit Spesimen Uji Bending Diameter Benang 0.35	46
Gambar 4.16 Hasil Pengujian Mikro Komposit Spesimen Uji Bending Diameter Benang 0.40	47



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu material yang sangat pesat khususnya dibidang komposit, material komposit merupakan material yang sangat cocok digunakan dan banyak dikembangkan didunia, khususnya untuk industri dan rumah tangga. Komposit memiliki kelebihan daripada logam terutama dari segi kekuatan, seperti dapat direkayasa, memiliki kekuatan yang tinggi, dan tahan terhadap korosi. Bahan komposit polimer tersusun dari beberapa polimer yaitu matrik dan *reinforcement*. Pada saat ini penggunaan material komposit telah banyak digunakan diberbagai bidang misalnya pada aplikasi tabung filter air dan aplikasi otomotif pengganti bahan konvensional (Markovičová, 2016). Tabung dari komposit telah banyak digunakan sebagai pengganti tabung dari material logam, baik untuk kendaraan darat yang menggunakan bahan bakar gas dan untuk produk tabung filter air (Radhika, 2014).

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 dilakukan berulang, sehingga dengan cara ini di dapatkan lapisan serat dan *fiber* sesuai dengan yang diinginkan. Proses *filament winding* ini terutama digunakan untuk komponen belah berlubang, umumnya bulat atau oval, seperti pipa dan tangki. Pada penelitian terdahulu (Hardoyo, 2008).

Kopi merupakan produk global dan mampu bersaing di dunia internasional. Pasar internasional tersebut antara lain Amerika Serikat, Perancis, Jepang, Thailand, Hongkong, Philipina dan Vietnam Sebagai negara dengan produsen kopi keempat terbesar dunia setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia, Produksi kopi telah mencapai lebih kurang 650.000 ton per tahun dari sektor perkebunan rakyat (96,2%), sisanya dari sektor perkebunan swasta lebih kurang sebesar 10.000 ton (1,5%) dan sektor perkebunan negara menyumbang rata-rata 15.000 ton (2,3%) pertahun (Sumarti, 2017).

Kabupaten Jember adalah daerah di Jawa Timur yang mempunyai potensi untuk memproduksi kopi. Total terdapat 16.882 ha perkebunan kopi di Jember, dimana 5.601,31 ha diantaranya adalah perkebunan kopi rakyat dengan skala usaha antara 1 – 2 ha. Perkebunan kopi rakyat tersebar di 27 kecamatan diantara 31 kecamatan yang ada, dimana daerah terluas terdapat di Kecamatan Silo (2.291,70 ha) dan yang paling sempit 2,06 ha di Kecamatan Gumukmas (Prayuginingsih, 2012).

Ampas kopi mempunyai fungsi penyerapan bau, dalam penelitian yang dilakukan oleh (Oiwa, 2015) diketahui bahwa ampas kopi dapat menyerap bau dari ammonia sebesar 85 ppm lebih tinggi dari pada bubuk kopi dan biji kopi yakni sebesar 67 ppm dan 23 ppm.

Serat alami yang diperkuat komposit polimer mewakili salah satu industri yang paling cepat berkembang saat ini, *Polyethylene* adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara 110-137°C. Dari hasil pengujian diatas bisa dilihat bahwa hasil pengujian berat jenis dari plastik PE dan HDPE sebesar 0,9424 gr/cm³ dan 0,965 gr/cm³ , sedangkan standar yang ada sebesar 0,941-0,965 gr/cm³ sehingga bisa disimpulkan bahwa berat jenis PE dan HDPE sudah memenuhi kriteria sesuai dengan standar yang disyaratkan. Selain itu nilai titik leleh pada pengujian juga menunjukkan nilai yang memenuhi standar yaitu 1300C untuk plastik PE dan 1340C untuk plastik HDPE (Rahmawati, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu penambahan partikel limbah kopi, nilai kekuatan bending meningkat seiring pertambahan jumlah lamina, didapatkan kekuatan bending tertinggi pada variasi penambahan 3 lamina didapatkan nilai sebesar 249,43 MPa. , begitu juga dengan penambahan partikel limbah kopi, nilai kekuatan tarik meningkat 94.1 MPa (Hermiansyah, 2017).

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kekuatan mekanik komposit limbah kopi dengan matrik *unsaturated polyester* dengan penguat fiber polietilen untuk mengetahui kekuatan tarik dan bending pada tabung komposit.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kekuatan tarik spesimen produk pipa komposit pada titik awal, titik tengah dan titik akhir pada pipa komposit partikel kopi ?
2. Bagaimana kekuatan bending spesimen produk pipa komposit pada titik awal, titik tengah dan titik akhir pada pipa komposit partikel kopi ?
3. Bagaimana mengetahui morfologi pipa tabung komposit partikel kopi berpenguat benang polietilen ?

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. Matrik yang digunakan adalah *Eterset 2504 APT*.
2. Tidak membahas ikatan kimia.
3. Beban tarik searah sumbu aksial specimen.
4. Fokus penelitian pada sifat mekanik produk komposit terhadap kekuatan tarik dan bending.
5. Tidak membahas fraksi volume benang polietilen.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kekuatan tarik specimen pipa tabung komposit pada titik awal, titik tengah dan titik akhir pada pipa tabung komposit partikel kopi berpenguat benang polietilen.
2. Mengetahui kekuatan *bending* specimen pipa tabung komposit pada titik awal, titik tengah dan titik akhir pada pipa komposit partikel kopi berpenguat benang polietilen.
3. Mengetahui bagaimana morfologi pipa tabung komposit partikel kopi berpenguat benang polietilen.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian mengenai kekuatan produk pipa komposit partikel kopi terhadap kekuatan mekanik pada komposit, dapat diambil manfaat antara lain:

1. Sebagai referensi pembuatan komposit dengan proses *filament winding*.
2. Mengetahui kekuatan dari produk pipa tabung komposit dan mengetahui kekuatan pipa komposit.
3. Sebagai bahan pertimbangan penggunaan produk pipa tabung komposit partikel kopi yang ramah lingkungan pada dunia industri.
4. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan material alternatif yang berbahan limbah serbuk kopi sehingga menghasilkan harga yang relatif murah dan berkualitas tinggi.
5. Memanfaatkan limbah serbuk kopi untuk menghasilkan produk dan punya nilai harga yang lebih dari sebelumnya.

1.6 Hipotesis

Ikatan material antara matrik dan penguatnya akan mengakibatkan kekuatan tarik dan bending lebih meningkat sedangkan material matrik dan penguatnya tidak ada ikatan akan mengakibatkan kekuatan lebih menurun dikarenakan material tersebut getas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit merupakan perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang baru dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Pencampuran material komposit material dilakukan dalam skala makroskopis. Material komposit banyak digunakan dalam industri karena karakteristiknya yang mudah disesuaikan dengan kebutuhan dan prosesnya yang relatif ramah lingkungan. (Mallick, 2007). Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. *Fibre* sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, namun aspek lain yang menjadi sumber kekuatan komposit didapat dari matrik yang memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser, dan mampu mendistribusikan beban.

Material komposit berpenguat serat terdiri dari serat dengan kekuatan dan modulus yang tinggi terselubungi dan terikat dengan matrik pada antar muka yang jelas. Secara umum, serat adalah penahan beban yang dikelilingi matrik dan menjaganya pada lokasi dan orientasi tertentu. Matrik merupakan media transfer beban diantara serat dan sebagai proteksi serat dari lingkungan seperti efek kelembaban dan suhu. Selain serat dan matrik, bahan lain yang bisa ditemukan dalam komposit seperti *filler*. *Filler* digunakan pada matrik polymer untuk mengurangi biaya dan meningkatkan stabilitas dimensi

Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. *Fibre* sangat berperan dalam

memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, namun aspek lain yang menjadi sumber kekuatan komposit didapat dari matrik yang memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser, dan mampu mendistribusikan beban.

2.1.1 Pengikat (Matrik) Komposit

Matrik diartikan sebagai material pengikat antar serat atau partikel. Matrik berfungsi sebagai penahan, pelindung, pembagi serta mempengaruhi penampilan dari suatu material. Umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Matrik pada komposit mempunyai beberapa fungsi (Mallick, 2007) antara lain sebagai berikut:

1. Membentuk ikatan koheren dengan serat.
2. Mentransfer tegangan yang bekerja diantara serat.
3. Melindungi serat terhadap lingkungan yang korosif, seperti bahan kimia dan kelembaban.
4. Dapat melindungi permukaan serat dari degradasi mekanis (misalnya oleh abrasi).

Matrik mempunyai peran yang kurang signifikan terhadap kekuatan mekanik pada komposit. Akan tetapi, pemilihan matrik memiliki pengaruh besar pada kompresi, inter laminar serta sifat-sifat *inplane* dari material komposit. Matrik dapat membentuk ikatan terhadap serat dan mentransfer beban yang bekerja pada serat sehingga mempengaruhi sebagian besar kekuatan dari material komposit. Akhirnya, untuk menentukan kekuatan dan untuk mengurangi terjadinya cacat pada material komposit tergantung pada karakteristik pemilihan matrik.

Secara garis besar material komposit dapat dibagi berdasarkan matrik yang digunakan (Mallick, 2007) yaitu:

1. *Polymer Matrix Composite*

Terdiri dari serat penguat dan matrik dari bahan polimer. Serat penguat memiliki kekuatan dan modulus yang tinggi, sedangkan matrik untuk

melindungi serat dari lingkungan luar dan sebagai bahan pengikat antar serat penguat.

2. *Metal Matrix Composite*

Terdiri dari metal alloy sebagai matrik yang diperkuat dengan serat kontinu, whisker (serat-seratnya pendek yang berbentuk kristal tunggal), atau pertikel, karena komposit ini menggunakan metal sebagai matrik, maka jenis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperatur, tetapi memiliki berat yang tinggi.

3. *Ceramic Matrix Composite*

Serat penguatnya dapat berupa serat kontinyu, *diskontinyu*, ataupun berbentuk partikel yang tersusun dari bahan keramik atau pun grafit.

2.1.2 Penguat (*reinforcement*) Komposit

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. penguat biasanya bersifat kurang ductile akan tetapi lebih kaku dan lebih kuat dari sifat matriknya. Penguat biasanya dapat berupa serat maupun butiran butiran kecil yang disebut partikel. Penguat dapat juga disebut sebagai bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam pembuatan komposit. Penguat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat *E-Glass*, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, ijuk dan lain sebagainya *fiber glass*.(Masfeya,2017).

Reinforced adalah penguat yang ditempatkan di dalam matriks pada komposit dan harus memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dari matriksnya. Penguat tidak selalu berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit dan memberikan efek penguatan, tetapi juga digunakan untuk mengubah sifat-sifat fisik seperti sifat tahan aus, koefisien friksi atau konduktivitas termal. Serat-serat penguat dapat dapat dibuat dari logam, keramik, dan polimer yang diubah menjadi serat yang disebut kevlar atau serat grafit yang disebut dengan serat karbon. Serat yang ditanam dalam matriks akan meningkatkan modulus matriks. Ikatan yang kuat sepanjang serat memberikan modulus yang sangat tinggi (Sulistijono, 2012).

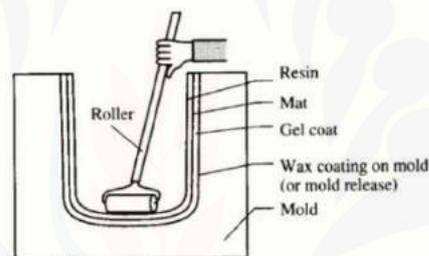
2.2 Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari dua cara yaitu proses cetakan terbuka (*open-mold process*) dan proses cetakan tertutup (*closed-mold process*).

2.2.1 Hand Lay Up

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana untuk pembuatan komposit. Dimana prosesnya dimana cetakan disiapkan kemudian resin dan katalis dicampurkan kemudian dituang kemudian diratakan dengan menggunakan *roller* atau bisa juga dengan tuas.

Pada metode *hand lay up*, resin yang paling banyak digunakan adalah *polyester* dan *epoxy*. Proses *hand lay up* dapat kita lihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.1 Metode *Hand Lay Up* (Gibson, 2012).

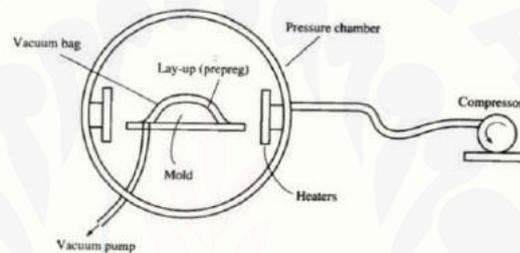
Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan *hand lay up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, dan perahu.

2.2.2 Metode *Vacuum Molding*

Pada proses ini mirip dengan *vacuum bag* akan tetapi penutup cetakan *vacuum bag* menggunakan karet plastik tertentu, sedangkan *vacuum molding* sendiri tergantung cetakan yang akan dipakai, misalnya memakai kaca atau plastik. *Vacuum molding* yaitu dimana resin dialirkan menggunakan pompa *vacuum* menuju cetakan sedangkan spesimennya mengikuti cetakan yang telah dibuat. Dengan bantuan mesin *vacuum* ini dapat meminimalisir *void* (udara yang terjebak) yang terjadi pada spesimen.

2.2.3 Vacuum Bag

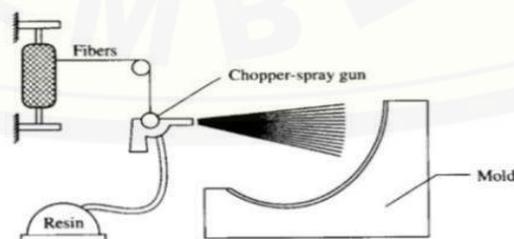
Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dicetak. Dengan divakumnya udara dalam wadah, maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan. Apabila dibandingkan dengan *hand lay up*, metode ini memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, *adhesi* lebih baik pada antar lapisan, dan kontrol lebih baik pada resin atau rasio kaca. Aplikasi dari metode ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap dan perahu. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.2 Metode *Vacuum Bag* (Gibson, 2012).

2.2.4 Spray Up

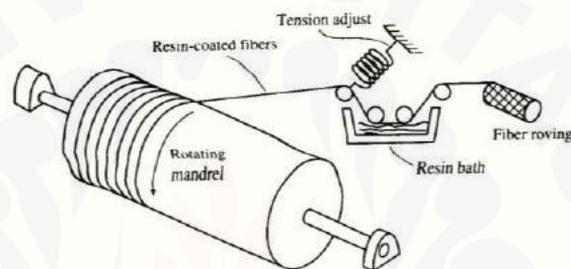
Spray-up merupakan Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan. Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan pada wadah tempat pencetakan *spray up* yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



2.3 Gambar 2.3 Metode *Spray Up* (Gibson, 2012)

2.2.5 Filament Winding

Fiber tipe chopped strand mat atau bisa juga serat diganti dengan menggunakan benang katun, kemudian dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Resin *thermosetting* yang biasa digunakan pada proses ini adalah *polyester*, *vinil ester*, *epoxies*, dan fenolat. Adapun metode *filament winding* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



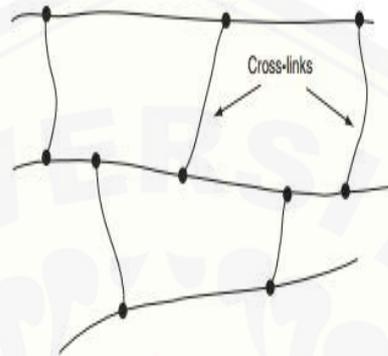
Gambar 2.4 Metode *Filament Winding* (Gibson, 2012)

2.3 Polyester

Pada umumnya jenis resin yang paling sering digunakan adalah resin epoxy, polyester, vinylester, dan resin polyurethane. Semua resin tersebut diklasifikasikan sebagai polymer termoset. Karakteristik dan sifat polymer termoset memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan material lain sehingga polymer banyak disukai dan dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri tersebut. Sifat dan karakteristik polymer termoset tersebut antara lain: chemical reactive adhesives, thermal conductive adhesive, electrical conductive adhesive, corrosion resistance, kekuatan tarik dan kekuatan bending, namun termoset juga mempunyai kelemahan yaitu sifat sensitif menyerap air, getas dan notch sensitive (Mohd, dkk, 2010)

Unsaturated polyester termasuk dalam *polymer termoset* yang mana molekulnya secara kimia membentuk *cross links*, sehingga menjadikan *polymer* lebih rigid dan membentuk tiga dimensi struktur jaringan. *Cross link* tersebut

terbentuk ketika proses polymerisasi yang disebut dengan reaksi *curing*. Reaksi *curing* dari *polyester* dimulai ketika penambahan sedikit katalis, seperti halnya *organic peroxide* pada cairan *polyester*. *Polymer thermoset* tidak dapat meleleh ketika dikenai dengan panas. Berbeda dengan tipe *thermoplastik* yang dapat melunak, mencair dan dapat dibentuk ulang.



Gambar 2.5 Skematik representasi dari thermoset (Mallick 2008)

Keuntungan dari *polyester* adalah rendahnya viskositas, waktu *curing* cepat dan murah harga bahan. Table 2.2 merupakan karakteristik dari *polyester* secara umum lebih rendah dibandingkan dengan *epoxy*. Secara prinsip keburukan dari *polyester* dibanding *epoxy* yang sangat menonjol adalah besarnya *shrinkage*.

Tabel 2.1 Sifat Dari Resin *Thermoset Polyester* pada 23 °C (Mallick 2008)

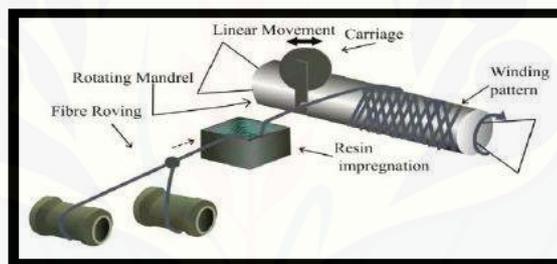
Densitas (g/cm ³)	1.1 -1.43
Tensile Strength, MPa	34.5- 103.5
Tensile Modulus, Gpa	2.1-3.45
Elongation %	1-5
Cure Shrinkage %	5-12

2.4 Metode Filament Winding

Filament winding merupakan salah satu metoda pembuatan pipa komposit dimana serat (*fiber*) digulungkan pada mandrel yang sebelumnya dicelupkan kedalam resin. Proses penggulungan serat pada mandrel dilakukan secara otomatis menggunakan mesin pengatur yang dilakukan secara berulang-ulang sampai diperoleh bentuk dan ketebalan sesuai yang diinginkan.

2.4.1 Prinsip *Filament Winding*

Proses ini umumnya digunakan untuk komponen yang berbentuk silinder atau oval. Untuk prinsip kerjanya sendiri yaitu serat/benang dicelupkan melewati bak yang berisi resin kemudian di lilitkan ke mandrel yang berputar dan bak yang berisi resin bergerak translasi kekanan dan kekiri sampai semua mandrel tertutupi oleh serat/benang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawa ini :

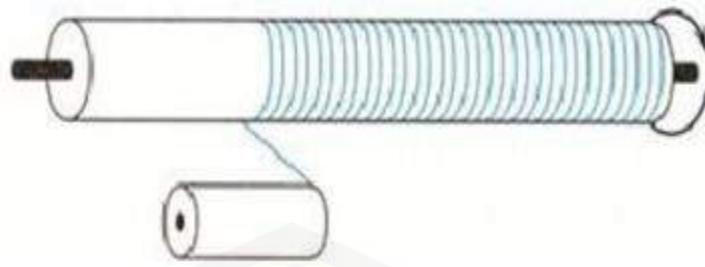


Gambar 2.6 Skema Proses produksi *filament winding* (Sumber: Azhar,2016)

2.4.2 Jenis-jenis Pola Pada Mesin Filament Winding

a. *Circumferential Winding*

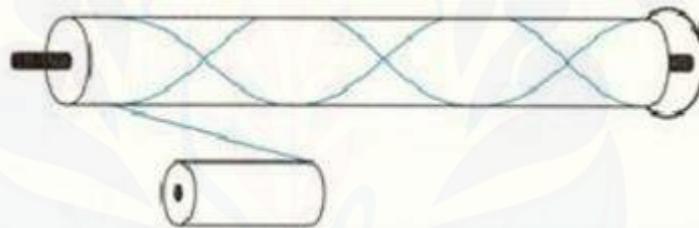
Hal ini dikenal sebagai ketebalan atau melingkar berkelok-kelok. Sebenarnya *circumferential winding* adalah heliks sudut tinggi berliku yang mendekati sudut 90 derajat. Setiap putaran penuh mandrel kemajuan pengiriman oleh satu *Bandwidth* penuh seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.7 Circumferential Winding (Sumber: Azhar,2016)

b. Helical Winding

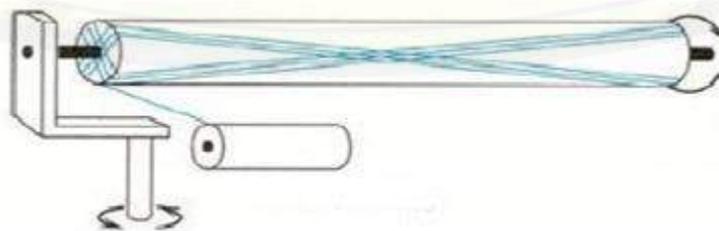
Dalam heliks berliku, mandrel berputar pada kecepatan konstan sementara kereta pakan serat bergerak transverses bolak-balik pada kecepatan yang sudah diatur untuk menghasilkan yang diinginkan sudut heliks seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.8 Helical Winding (Sumber: Azhar,2016)

c. Polar Winding

Dalam polar winding, serat melewati tangensial untuk pembukaan kutub di salah satu ujung ruangan,berbalik arah, dan melewati tangensial ke sisi berlawanan dari pembukaan kutub di ujung lain. Dengan kata lain,serat dibungkus dari kutub ke kutub, seperti lengan mandrel berputar sekitar sumbu longitudinal seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 Polar winding (Sumber: Azhar,2016)

2.5 Serat Benang Polietilen/Polystyrene

Polyethylene adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara 110-137°C. Umumnya Polyethylene tahan terhadap zat kimia. Monomernya, yaitu etana, diperoleh dari hasil perengkahan (cracking) minyak atau gas bumi. (Billmeyer, 1994). Ada tiga jenis polietilen.

1. Polietilen dengan Kepadatan Rendah /*Low-Density (Branched) Polyethylene*
Polimer etilena komersial pertama adalah polietilen bercabang, umumnya ditunjuk sebagai bahan dengan kepadatan rendah atau tekanan tinggi untuk membedakannya dari dasar bahan linear. Pertumbuhan relatif lambat pada tahun 1940-an produksi polietilen bercabang meluas dengan cepat produksi plastik pertama tahunan melebihi 1 miliar. *Polyethylene* pertama kali diproduksi di laboratorium *Imperial Chemical Industries, Ltd. (ICI)*, Inggris, dalam percobaan fortuitous di mana etilena (dan lainnya bahan kimia yang tetap lembam) mengalami tekanan 1400 atm pada 170°C. Jejak oksigen menyebabkan polimerisasi terjadi. Fenomena itu pertama kali dijelaskan oleh E. W. Fawcett dalam Staudinger 1936. Struktur Polietilen densitas rendah adalah padatan kristal sebagian (50-60%) meleleh pada suhu sekitar 115°C, dengan kepadatan, dalam kisaran 0,91-0,94. Hal ini larut dalam banyak pelarut pada suhu di atas 100°C, tetapi hanya beberapa campuran pelarut memberikan batas kelarutan suhu kamar.

Sifat mekanik dari polietilen densitas rendah adalah di antara sifat kaku bahan-bahan seperti polistirena dan polimer plastik yang lemas seperti vinil. Polyethylene memiliki ketangguhan dan kelenturan yang baik pada rentang suhu yang luas. Kepadatannya turun dengan cepat di atas suhu kamar, dan dimensi besar yang dihasilkan perubahan menyebabkan kesulitan dalam beberapa metode fabrikasi. Titik lebur kristal yang relatif rendah (sekitar 115 ° C untuk bahan tipikal) membatasi kisaran suhu sifat mekanik yang baik. (Billmeyer, 1994).

2. Polietilen dengan Kepadatan Tinggi/*High-Density (Linear) Polyethylene*

Struktur Polietilen linier khas seperti polimer kristal lebih dari 90%, mengandung kurang dari satu rantai samping per 200 atom karbon di rantai utama. Titik lebur di atas 127 ° C (biasanya sekitar 135 ° C), dan kepadatannya di

kisaran dari 0,95-097. Spektroskopi inframerah memberikan informasi terperinci tentang struktur kimia dan fisik polimer. Fitur struktural terkait dengan kristalinitas lineas polietilen. Properti. Sebagian besar perbedaan sifat antara bercabang dan linier polietilena dapat dikaitkan dengan kristalinitas yang lebih tinggi dari polimer terakhir Polietilen linier jelas lebih kaku daripada bahan bercabang (modulus 100.000 versus 20.000 psi), dan memiliki titik lebur kristal yang lebih tinggi dan lebih besar kekuatan tarik dan kekerasan. Resistensi kimia yang baik dari polietilen bercabang dipertahankan atau ditingkatkan, dan sifat-sifat seperti kerapuhan suhu rendah dan permeabilitas rendah terhadap gas dan uap juga meningkat dalam material linier (Billmeyer, 1994). Material ini memiliki ketahanan kimiawi yang bagus sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Pada umumnya digunakan pada botol-botol yang tidak diberi pigmen bersifat tembus cahaya, kaku (Vuri, 2017).

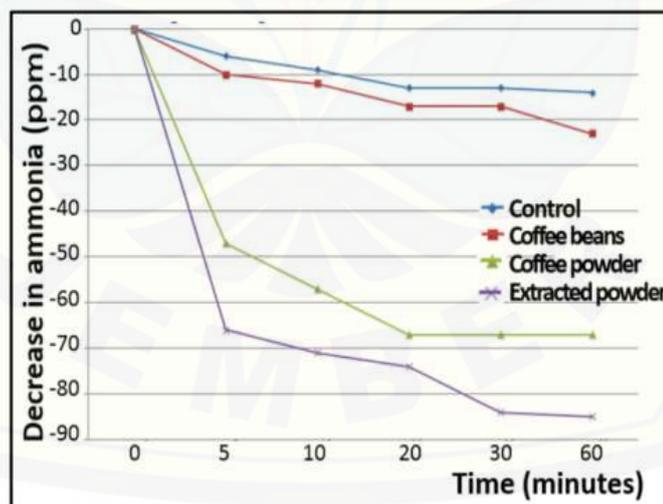
3. Polietilen Berat Molekul dan Berat Ultrahigh/*High and Ultrahigh Molecular-Weight Polyethylenes.*

Meski paling linier polietilena memiliki berat-rata-rata berat molekul dalam kisaran 100.000 -200.000, dua kelas dengan berat molekul lebih tinggi banyak digunakan secara komersial: Polietilen "berat molekul tinggi" (HMW) memiliki M, antara 300.000 dan 500.000 Masih dapat diproses dengan teknik yang biasa, itu telah meningkatkan lingkungan ketahanan terhadap retak-retak, dampak dan kekuatan tarik, dan retensi kekuatan jangka panjang Polietilen HMW digunakan untuk plpe, film, dan wadah cetakan tiup besar di mana sifat ini penting "Ultrahigh molekul-berat" (UI-IMW) polietilena, antara 3.000.000 dan 6.000.000 ini memiliki ketahanan abrasi dan benturan yang luar biasa dibandingkan dengan yang lain polietilen Penggunaannya tergantung pada sifat-sifat ini ditambah dengan yang biasanya ditemukan untuk polimer etilena, seperti koefisien gesekan yang rendah, dan termasuk bantalan, sprocket, gasket, kursi katup, ban berjalan, dan ketahanan aus lainnya aplikasi Karena berat molekulnya yang sangat tinggi, UHMW polyethylene tidak meleleh atau mengalir dengan cara termoplastik

normal, dan sebagian besar pembuatannya didasarkan pada modifikasi teknik pencetakan-kompresi (Billmeyer, 1994).

2.6 Ampas Kopi

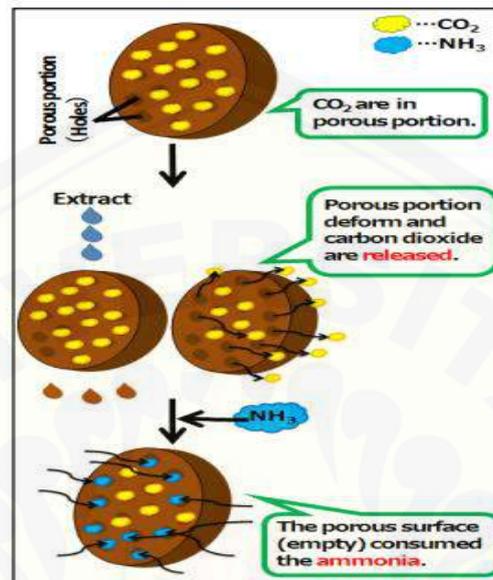
Kopi merupakan salah satu minuman yang populer di dunia. Produksi biji kopi ditahun 2014 sudah mencapai 9 Billion kilogram. Daerah sekitar kabupaten Jember merupakan ladang produksi kopi contohnya saja pada kecamatan Silo, Panti, Sumberbaru dan Ijen. Pusat Penelitian kopi juga ada di kota Jember dan di kecamatan Jenggawah. Banyaknya kebun tersebut mengindikasikan bahwasanya kopi merupakan komoditi besar di daerah Jember dan ampas kopi, bekas seduhan kopi yang dikenal sebagai SCG (*Spent Coffee Ground*) akan banyak dihasilkan. Kopi selain dijadikan minuman, dapat juga diidentifikasi mempunyai efek penyerapan 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 2.10 (Oiwa and Okuzawa 2015)

Terlihat pada gambar 2.10, bubuk kopi yang sudah dicampur dengan air pada suhu 100 °C dinamakan *extracted powder* mempunyai penyerapan yang

paling bagus terhadap gas ammonia yaitu sebesar 85 ppm sedangkan bubuk kopi atau *coffee powder* dan biji kopi *coffee bean* dapat menyerap bau 67 dan 23 ppm.



Gambar 2.11 Mekanisme penyerapan gas ammonia (Oiwa and Okuzawa 2015)

Karbondioksida yang terkandung pada biji kopi semakin berkurang ketika dipanggang (*roasted*), penggilingan dan proses ketika mendidihkan dengan air. Hilangnya karbondioksida menjadikan material menjadi lebih berlobang atau *porous* yang mengakibatkan luasan permukaan dari bubuk kopi menjadi lebih besar. Gas ammonia tersebut menempati bagian dari kopi yang kosong dan berlobang. Dengan demikian, penyerapan gas ammonia yang berbau busuk dapat berlangsung karena adanya biji kopi, bubuk kopi maupun bubuk kopi yang sudah diekstrak atau ampas kopi (Oiwa and Okuzawa 2015).

2.7 Pengujian tarik pipa komposit

Pengujian produk pipa tabung komposit ini mengacu pada standard ASTM D3039 tujuan pengujian ini untuk memperoleh konstanta pada specimen pipa tabung komposit. ASTM D3039 merupakan standard pengujian sifat tarik pada komposit bermatrik polimer. Material komposit terbatas pada serat kontinyu maupun serat diskontinyu dengan *laminat* yang seimbang dan simetris. Metode

pengujiannya dengan menggunakan sebuah *flat strip* tipis yang berbentuk persegi panjang dengan penampang dipasang pegangan dan beban yang tetap. Kekuatan *ultimate* material dapat ditentukan dari beban maksimum dilakukan sebelum kegagalan. Metode pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik tertinggi menurut (ASTM D3039).

Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik, dimana bahan uji akan ditarik sampai putus. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress-strain* test). Dari pengujian tarik dapat diketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hasil dari pengujian ini adalah grafik beban dengan perpanjangan atau elongasi. Adapun Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Geometry Spesiment ASTM D3039

Orientasi fiber	Lebar mm(in)	Panjang Keseluruhan mm(in)	Tebal mm(in)	Panjang Tab mm(in)	Tebal Tab mm(in)	Sudut Kemiringan Tab(°)
<i>undirection</i>	15(0,5)	250(10,0)	1(0,040)	56(2,25)	1,5(0,062)	7 or 90
<i>undirection</i>	25(1.0)	175(7,0)	2.(0,080)	25(1,0)	1,5(0,062)	90
Balved and Symetric	25(1.0)	250(10,0)	2,25(0.100)	Emery cloth	-	-
Random - Discontinuous	25(1.0)	250(10,0)	2,25(0.100)	Emery cloth	-	-

Ilmu kekuatan bahan adalah kumpulan pengetahuan yang membahas hubungan antara gaya intern, deformasi, dan beban luar. Tegangan (*stress*) adalah beban dibagi luas penampang bahan sedangkan regangan (*strain*) :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Beban yang diberikan dalam arah tegak lurus pada penampang spesimen (N).

A = Luas penampang spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm²).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

ϵ = Regangan tarik (Mpa)

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L = Panjang Awal (mm)

Hubungan antara *stress* dan *strain* dapat dirumuskan :

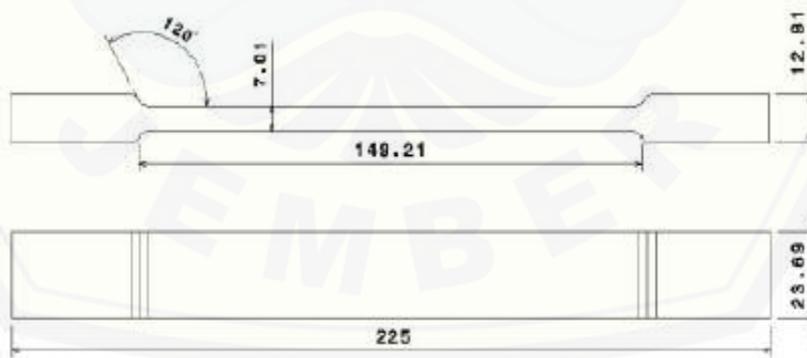
$$E = \sigma / \epsilon \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (Gpa)

σ = Tegangan (Mpa)

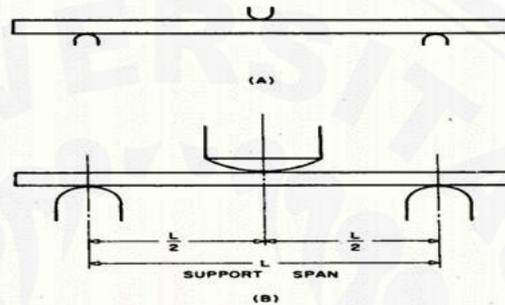
ϵ = Regangan (Mpa)



Gambar 2.12 Diameter specimen uji tarik

2.8 Pengujian Bending Pipa Komposit

ASTM D790 merupakan metode untuk menentukan sifat bending dari plastik dengan penguat maupun tanpa penguat. Sebuah balok dengan penampang persegi panjang ditempatkan pada 2 buah penyangga (*support span*) dan diberi beban tepat ditengah tengah. Terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.13 Pengujian *Bending* ASTM D790

- Maksimum jari-jari yang dipakai 3,2 mm
- Pada penyangga, radius Penyangga 1,6 x tebal spesimen, maximum jari-jari beban 4x tebal spesimen.

Pada pengujian material dengan tebal 1,6 mm atau lebih besar. Jarak antar penyangga (*support span*) seharusnya 16 ± 1 kali tebal spesimen. Lebar spesimen tidak boleh lebih besar dari satu perempat untuk spesimen dengan tebal lebih dari 3,2 mm. Spesimen harus cukup lama untuk memungkinkan tetap menggantung sampai akhir sehingga diberi tambahan 10 % pada masing-masing ujung.

Proses perhitungan kekuatan bending.

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

σ = Tegangan bending (MPa)

P = Beban (N)

L = jarak antar penyangga (*support span*) (mm)

b = Lebar dari spesimen (mm)

d = tebal (mm)

Sedangkan perhitungan untuk regangan *bending*.

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

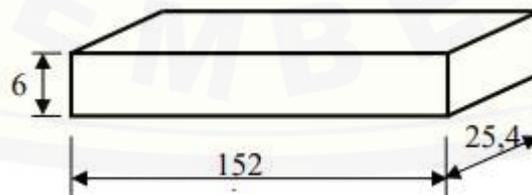
ϵ_f = regangan *bending* (mm/mm)

D = maksimum defleksi (mm)

L = jarak antar penyanggah (*support span*) (mm)

d = tebal spesimen (mm)

Kekuatan bending adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi besar. Pengujian kuat bending dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap pembebanan pada titik lentur dan juga untuk mengetahui keelastisitasan pada pipa tabung komposit. Cara pengujian kuat bending ini dengan memberikan pembebanan tegak lurus terhadap sampel dengan tiga titik lentur dan titik-titik sebagai penahan berjarak tertentu. Titik pembebanan diletakkan pada pertengahan panjang sampel. Komposit Bentuk spesimen pengujian kekuatan bending yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada standar uji ASTM D790 dengan dimensi (152x25,4x6) cm (Widiartha, 2012). Bisa dilihat pada gambar dibawah ini. Kekuatan bending suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:



Gambar 2.14 Specimen uji bending ASTM 790 (Widiartha, 2012)

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

keterangan

σ = Kekuatan bending, MPa

M = Momen, N.mm

I = Inersia, mm

c = Jarak dari sumbu netral ke tegangan serat, mm

Pada material yang homogen pengujian spesimen dengan dua titik dudukan dan pembebanan pada tengah tengah batang uji (three point bending), maka tegangan maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut (ASTM D 790):

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd}$$

Keterangan:

σ = Kekuatan bending, MPa

P = Beban, N L = Panjang span, mm

b = lebar batang uji, mm

d = tebal batang uji, mm

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelitian

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 Agustus sampai dengan oktober tahun 2018.



Gambar 3.1 Alat Uji *Universal Testing*

3.2 Alat dan Tempat

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pembuatan pipa komposit antara lain

1. Cetakan pipa
2. Mesin filament winding
3. Roll benang
4. Suntikan

5. Palu
6. Gelas ukur plastic
7. Timbangan
8. Ayakan
9. Plastik astralon
10. Gunting
11. Obeng
12. Kunci-kunci otomotif
13. Bak wadah filamet
14. Timbah plastik
15. Pengaduk
16. magnet
17. Mesin bor tangan dan bor duduk
18. Mesin gerinda tangan
19. Las listrik
20. Kamera DSLR merek Nikon
21. Mesin uji tarik standard penelitian universal machine testing merk ESSOM
TM 113 kapasitas 30 kN di laboratorium uji bahan teknik Mesin Universitas
Jember

3.2.2 Bahan

1. Partikel kopi ukuran mesh 80
2. Resin eterset 2504 APT
3. Katalis
4. Benang polietile

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam pengujian produk pipa tabung komposit yaitu dengan variabel bebas dan variabel terikat

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas ini merupakan variabel yang digunakan pada penelitian ini. Variabel pada penelitian ini adalah kekuatan tegangan pada produk pipa tabung komposit pada titik atas, titik tengah, titik bawah pada produk pipa tabung komposit. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengujian tarik

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian, untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengujian mekanik.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Langkah-langkah Pembuatan Mesin Filament Winding

- 1 Pembuatan kerangka mesin filamnt dan pengelasan
- 2 Pembuatan cetakan tabung filamant winding
- 3 Pembuatan eretan
- 4 Pembuatan bak wadah bahan campuran antara resin, katalis dan ampas kopi
- 5 Pembuatan tempat roll benang

3.4.2 Langkah - langkah Pembuatan Sampel

- 1 Menyiapkan alat dan bahan.
- 2 ayak partikel dengan ukuran mesh 80 mesh.
- 3 Pasang plastik film pada cetakan tabung filament winding
- 4 Meletakkan benang di mesin *filament winding*.
- 5 Benang polietilen diikat dicetakan pipa tabung di mesin *filament winding*.
- 6 Menyiapan resin, katalis, partikel kopi yang sudah ditimbang dan sudah sesuai takaran yang sudah ditentukan.
- 7 Campur semua bahan yang sudah dipersiapkan.

- 8 Menuangkan resin yang sudah tercampur katalis dan partikel kopi ke bak resin yang ada di mesin *filament winding*.
- 9 Menghidupkan mesin *filament winding*, mengatur kecepatan sesuai dengan yang diinginkan.
- 10 Setelah produk pipa tabung komposit terbentuk matikan motor pada bak bahan komposit tersebut dan biarkan motor mandrel tetap dalam keadaan hidup sampai produk pipa tabung komposit kering .
10. Matikan mesin pada motor mandrel setelah itu lepas produk pipa komposit yang sudah terbentuk.
11. Potong produk pipa komposit dengan ukuran sesuai ASTM D 3039 dan ASTM D790.

3.4.3 Langkah-langkah pengujian sampel

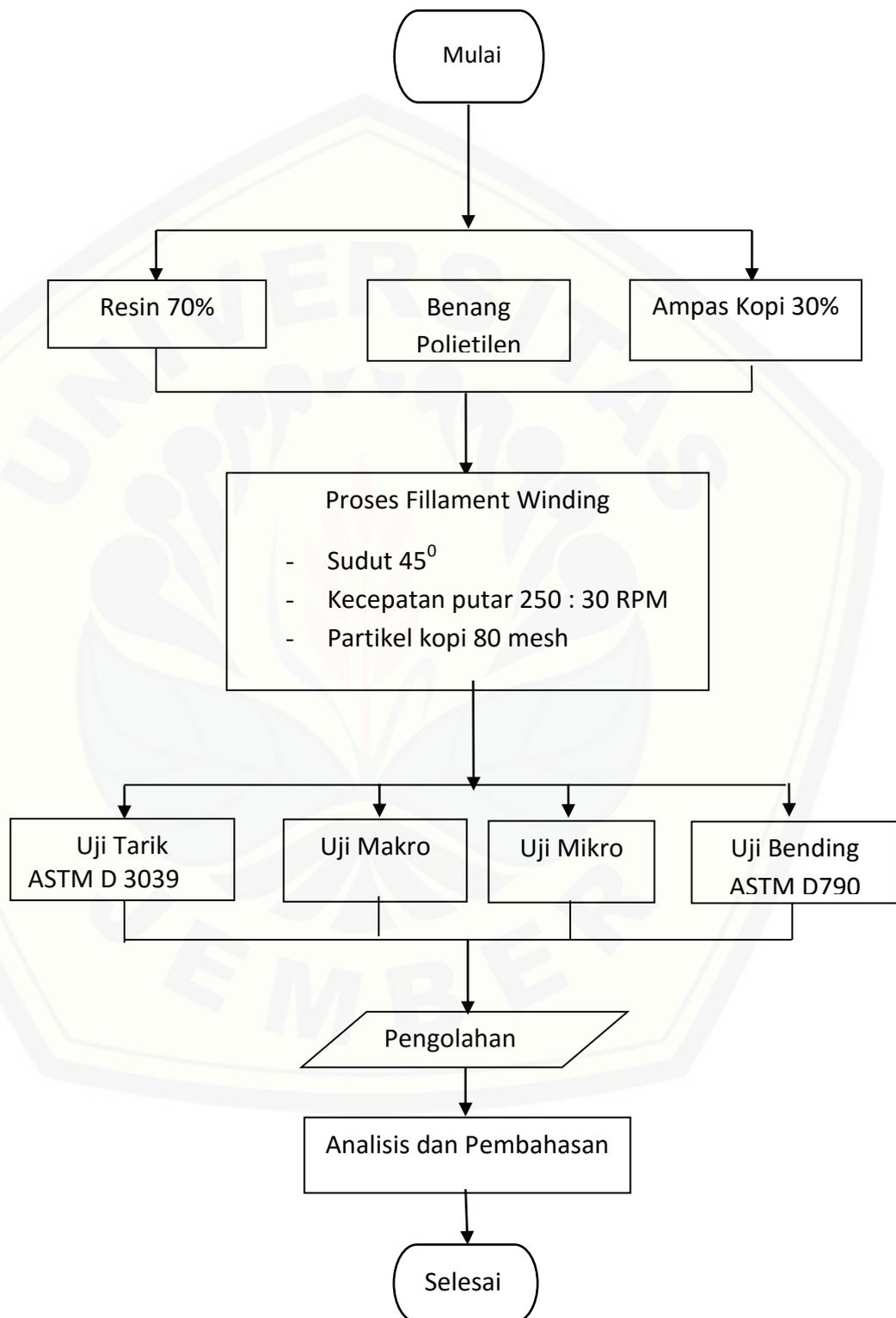
1. Memotong material sesuai dengan standar pengujian tarik ASTM D 3039 dan pengujian bending ASTM D790.
2. Memasang material yang sudah di potong di alat penjepit untuk uji tarik dan bending.
3. Melakukan pengujian tarik dengan mesin uji tarik dan bending.

Mencatat hasil yang diperoleh oleh mesin uji tarik dan bending.

3.4.4 Langkah-langkah pengujian foto mikro

1. Pengamplasan spesimen yang sudah diuji tarik dan bending
2. Membersikan spesimen yang sudah diampelas dengan air
3. Mempersiapkan alat uji mikro dan pemasangan spesimen pada alat uji mikro
4. Proses pengambilan foto mikro

3.5 Diagram Alur Penelitian



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

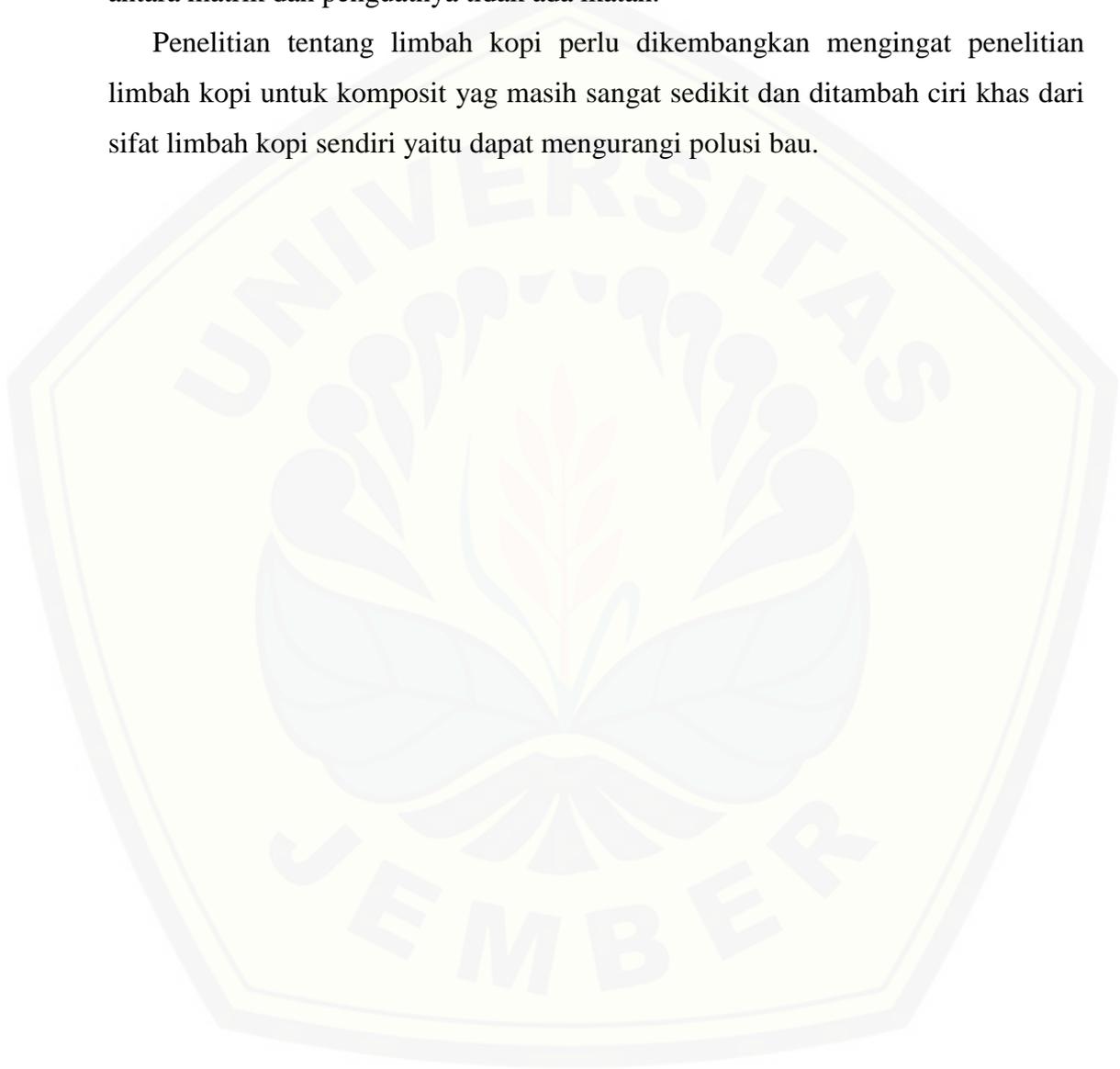
Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada semua hasil pengujian uji tarik komposit limbah kopi berpenguat serat polietilen pada titik-titik tabung komposit dari setiap kekuatan paling tinggi pada titik tengah dengan variasi diameter benang, benang diameter 0.30 kekuatan tarik pada titik tengah 1.24 Mpa, diameter benang 0.35 pada titik tengah meningkat pada diameter lebih besar dengan kekuatan tariknya 5,31 Mpa dan diameter 0.40 meningkat pada titik tengah 7.86 Mpa semakin besar diameter benang kekuatan semakin besar juga.
2. Pada semua hasil pengujian uji bending komposit limbah kopi berpenguat serat polietilen pada titik-titik tabung komposit dari setiap kekuatan paling tinggi pada titik tengah dengan variasi diameter benang, benang diameter 0.30 kekuatan tarik pada titik bawah 2.08 Mpa, diameter benang 0.35 pada titik bawah meningkat pada diameter lebih besar dengan kekuatan tariknya 2.74 Mpa dan diameter 0.40 meningkat pada titik tengah 5.94 Mpa semakin besar diameter benang kekuatan semakin besar juga.
3. Kondisi morfologi spesimen tabung komposit setelah dilakukan pengujian tarik dan bending menunjukkan bahwa faktor utama kegagalan yaitu adanya rongga pada komposit akibat terbentuknya *void*. *Void* sendiri adalah udara yang terperangkap pada proses berlangsungnya pengeringan komposit dan juga yang mempengaruhi kekuatan pada komposit tidak ada ikatan antara matrik dan penguat tidak saling berikatan dan menyebabkan komposit itu sendiri getas.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah: perlu adanya penelitian lebih lanjut, mengenai produk tabung komposit dan tidak disarankan menggunakan penguat serat benang polietilen, dikarenakan komposit antara matrik dan penguatnya tidak ada ikatan.

Penelitian tentang limbah kopi perlu dikembangkan mengingat penelitian limbah kopi untuk komposit yang masih sangat sedikit dan ditambah ciri khas dari sifat limbah kopi sendiri yaitu dapat mengurangi polusi bau.



DAFTAR PUSTAKA

- Hardoyo, K. (2008). *Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Partikel SiO₂ Dengan Matriks Resin Polyester*. University Indonesia.
- Hermiansyah, M. E. (2017). *Pengaruh Jumlah Lamina Fiber Glass Terhadap Sifat Mekanik Dan Pengujian Bau Komposit Limbah Kopi Dengan Metode Vacuum Molding*. UNIVERSITAS JEMBER.
- Mallick, P. K. (2007). *Fiber Reinforced Composite* (Thierd Edition ed.).
- Markovičová, L., & Zatkalíková, V. (2016). *Composite materials based on pa reinforced glass fibers*. *ScienceDirect*, 1056 – 1059.
- Oiwa, Y., & Okuzawa, F. (2015). Seeding Innovations through Fostering Thailand – Japan Youth Friendship. *Deodorant Effect of Coffee Beans*, 1-4.
- Prayuginingsih, H., Santosa, T. H., Hazmi, M., & Rizal, N. S. (2012). Peningkatan Daya Saing Kopi Rakyat Di Kabupaten Jember. 6.
- Radhika, M., Shekar, K. C., & Rao, G. V. (2014). *Design, Fabrication and Testing of Composite Overwrapped Pressure Vessel for CNG Storage*. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3.
- Rahmawati, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) Dan High Density Polyerhylene (HDPE) Pada Campuran Lataston-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* 18, 147-159.
- Sumarti, T., Rokhani, & Falatehan, S. F. (2017). Strategi Pemberdayaan Petani Muda Kopi Wirausaha di Kabupaten Simalungun. *Jurnal Penyuluhan* 13.
- Mohd, N.H., Zulfli, dan Shyang, C.W.,. 2010. *Flexural and Morphological Properties of Epoxy/Glass Fiber/Silane-Treated Organo-MonmoriloniteComposites*, *School of Materials and Mineral Resources* (Engineering, University Sains Malaysia).
- Dede W.A., (2016). Rancangan Bangun Mesin *Filament Winding Designing Of Filament Winding Machine*
- Billmeyer, W. F. (1994). *Texbook of Polymer Science*. 3rd Edition, Jhon Wiley & Son, New York
- Vuri, A.S., Erik W.R.W (2017) Studi Sifat Fisis, Kimia, dan Morfologi pada Kemasan Makanan Berbahan *Styrofoam* dan LDPE (*Low Density Polyethylene*): Telaah Kepustakaan
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya: ITSPress.

LAMPIRAN A

Data Hasil Pengujian

1. Tabel Data Hasil Uji Tarik

No	diameter benang 0.30 mm	Kekuatan tarik			Rata- rata (Mpa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	Titik Atas	1.12	1.10	1.45	1.22
2	Titik Tengah	1.35	1.04	1.32	1.24
3	Titik Bawah	1.24	1.08	1.22	1.18

No	diameter benang 0.35 mm	Kekuatan tarik			Rata- rata (Mpa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	Titik Atas	2.88	3.21	3.15	3.08
2	Titik Tengah	5.38	6.17	4.37	5.31
3	Titik Bawah	2.62	2.30	2.39	5.31

No	diameter benang 0.40 mm	Kekuatan tarik			Rata- rata (Mpa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	Titik Atas	5.44	6.50	5.57	5.84
2	Titik Tengah	8.41	7.44	7.73	7.86
3	Titik Bawah	8.18	6.73	5.95	6.95

2. Tabel Data Hasil Uji Bending

No	diameter benang 0.30 mm	Kekuatan tarik			Rata- rata (Mpa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	Titik Atas	1.19	1.91	1.72	1.61
2	Titik Tengah	0.99	1.59	1.57	1.38
3	Titik Bawah	1.46	2.32	2.47	2.08

No	diameter benang 0.35 mm	Kekuatan tarik			Rata- rata (Mpa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	Titik Atas	2.42	2.26	1.64	2.11
2	Titik Tengah	1.54	2.19	2.26	2
3	Titik Bawah	1.63	3.44	3.15	2.74

No	diameter benang 0.40 mm	Kekuatan tarik			Rata- rata (Mpa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	Titik Atas	2.08	1.74	2.07	1.97
2	Titik Tengah	1.76	2.27	9.04	4.35
3	Titik Bawah	2.08	1.68	2.18	1.98

Lampiran B



1

Potongan Spsimen



2

Komposit Tabung
Spesimen



3

Spesimen Uji
Tarik



4

Spesimen Uji
Bending

Lampiran C



5

Benang polietilen



6

Oven



7

Cetakan Tabung



8

Timbangan Digital



9

Ayakan



10

Ampas Kopi