



**FABRIKASI DAN PENGUJIAN TARIK PIPA KOMPOSIT BERPENGUAT
SERAT WOL DENGAN ADITIF PARTIKEL *MONTMORIILLONITE***

SKRIPSI

Oleh

Ibrahim Tri Statistiano

NIM 101910101090

PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**FABRIKASI DAN PENGUJIAN TARIK PIPA KOMPOSIT BERPENGUAT
SERAT WOL DENGAN ADITIF PARTIKEL *MONTMORILLONITE***

SKRIPSI

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

Oleh

Ibrahim Tri Statistiano

NIM 101910101090

PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

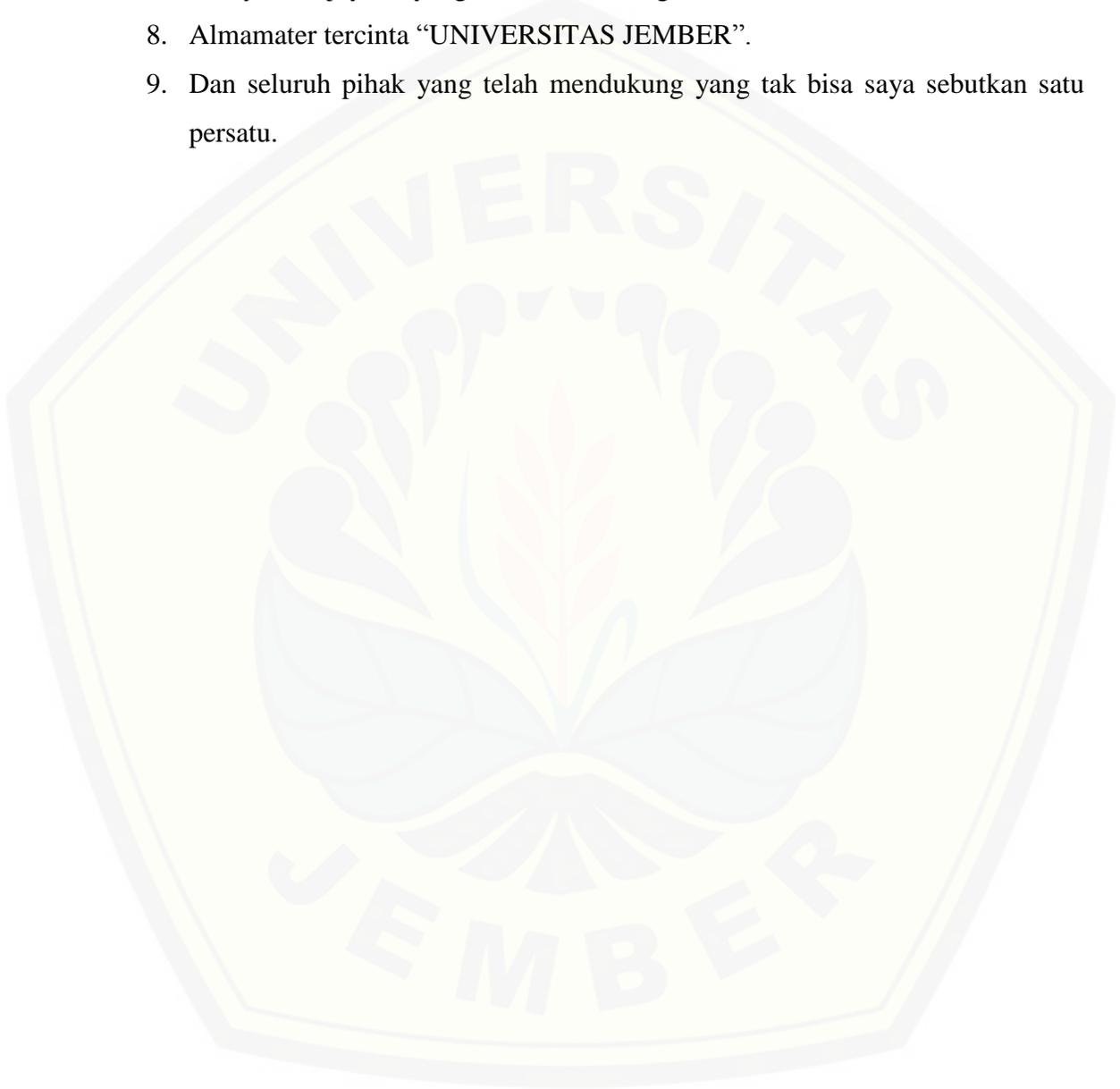
2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah hasil kerja kerasku dengan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu saya persembahkan untuk

1. Allah SWT atas segala rizki dan hidayahnya yang telah diberikan, serta kepada junjunganku Nabi Muhammad SAW.
2. Keluargaku, Ayahanda tercinta Endy Eko Arsyanto dan Ibunda tercinta Yayuk Suryanti segala do'a, dukungan semangat dan materi. Kakak dan Adik tersayang Ratih Ayu Rachmawati, Wisnu Arif Wicaksono, Riski Nur fitranto, Ainun Fitria Rohima, Wahdatul Royana yang tak henti-hentinya memberi semangat, serta saudara-saudaraku semua. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
3. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Dr. Agus Triono S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama, Bapak. Imam Sholahudin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing anggota, Bapak. Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku dosen penguji II.
4. Semua guruku dari Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
5. teman-teman yang telah membantu dalam penelitian skripsi ini “ Rames, Deglok, Ahmad, Mancus, Manpek, Arif NF, Resky, Awik, Arif Pak Bos.

6. semua teman-teman Teknik Mesin, khususnya Teknik Mesin 2010 (Mechanical-X).
7. Rizky Armajayanti yang memberi semangat dan doa.
8. Almamater tercinta “UNIVERSITAS JEMBER”.
9. Dan seluruh pihak yang telah mendukung yang tak bisa saya sebutkan satu persatu.



MOTTO

“Bertakwalah pada Allah maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

(Al-Baqarah: 282)

“Sesungguhnya bersama dengan kesulitan, ada kemudahan”

(Al-Insyirah:6)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ibrahim Tri Statistiano

NIM : 101910101090

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Fabrikasi Dan Pengujian Tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat Wol Dengan Aditif Partikel Montmoriillonite*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Maret 2016

Yang menyatakan,

Ibrahim Tri Statistiano

NIM 101910101090



SKRIPSI

FABRIKASI DAN PENGUJIAN TARIK PIPA KOMPOSIT BERPENGUAT
SERAT WOL DENGAN ADITIF PARTIKEL *MONTMORILLONITE*

Oleh

Ibrahim Tri Statistianto

NIM 101910101090

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Imam Sholahuddin, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Fabrikasi Dan Pengujian Tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat Wol Dengan Aditif Partikel Montmoriillonite*” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Desember 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP 19700807 200212 1 001

Imam Sholahudin, S.T., M.T
NIP 19811029 2008121 003

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.
NIP 19751006 200212 1 002

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114 1999 03 1 002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Fabrikasi Dan Pengujian Tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat Wol Dengan Aditif Partikel *Montmorillonite*; Ibrahim Tri Statistiano, 101910101090; 2016; halaman40; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit merupakan salah satu jenis bahan yang dibuat dengan penggabungan dua atau lebih macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula. Komposit merupakan salah satu material yang mempunyai banyak kelebihan antara lain tahan terhadap korosi, mempunyai rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, mudah di bentuk dan proses pembuatan sangat sederhana. Dari kelebihan tersebut akhirnya komposit banyak di gunakan sebagai pengganti misalnya pembuatan tangki, pipa-pipa yang biasa digunakan di pabrik-pabrik kimia. Akhir-akhir ini komposit dikembangkan di dunia otomotif (transportasi) dan bahan bangunan. Salah satu bahan penyusun antara lain resin, serat, dan partikel keramik. Sehingga komposit dapat menjadi material baru sebagai pengganti logam.

Pembuatan komposit dilakukan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Desember sampai dengan bulan februari 2016. Metode yang digunakan adalah *Filament winding*. Variabel yang digunakan meliputi variasi partikel ukuran mesh 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150 dengan matrik *polyester* berpenguat serat wol, sedangkan parameter yang diamati adalah kekuatan tarik, dan struktur makro serta mikro patahan.

Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel terhadap nilai kekuatan tarik pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel MMT dan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel terhadap morfologi pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel MMT setelah diuji tarik.

Hasil pengujian tarik kekuatan komposit menunjukkan terjadinya penurunan kekuatan tarik setelah ditambahkan partikel MMT dengan ukuran mesh 20 dari angka 180.28 MPa (tanpa partikel) menjadi 49.08 MPa. Sedangkan komposit ukuran 20 sampai 150 mengalami peningkatan nilai kekuatan tarik 49.08 sampai 210.89 MPa, yang menunjukkan semakin kecil ukuran partikel MMT, maka kekuatan tariknya semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya penguatan dari partikel MMT dan benang wol, meskipun nilai kekuatan tarik komposit ukuran mesh 20, mesh 40, mesh 60, mesh 80, mesh 100 masih berada dibawah kekuatan komposit mesh 0 (tanpa aditif MMT). Partikel montmorillonite bekerja dengan baik pada ukuran mesh 120 dan mesh 150, Pada ukuran partikel MMT inilah, ikatan antara penguat dan pengikat melebihi dari kekuatan komposit tanpa aditif MMT.

Berdasarkan struktur makro yang dilakukan. Terdapat beberapa bentuk patahan yang terjadi. Dimana ukuran mesh 20 dan mesh 40 bentuk patahan yang terjadi rata-rata mengalami *fiber pull out*, ukuran mesh 60 dan mesh 80 patahan yang terjadi yaitu *fiber pull out* dan *fiber break*, ukuran mesh 100, mesh 120 dan mesh 150 menunjukkan patahan rata-rata yang terjadi yaitu *fiber break*. Tetapi pada ukuran partikel mesh 120 dan mesh 150 menunjukkan adanya serabut dari benang wol dan terjadi retakan pada spesimen uji tarik. Hal ini disebabkan semakin besar mesh maka ikatan semakin baik.

Dari hasil foto mikro menunjukkan perbedaan porositas yang terjadi pada setiap variasi ukuran mesh. Adanya porositas mempengaruhi *interface* yang terjadi antara matrik, benang wol dan partikel MMT. Dimana semakin kecil ukuran partikel pada komposit maka ikatan antar partikel, benang wol, dan matrik semakin baik. Pada partikel yang besar porositas yang terjadi dalam spesimen lebih besar, sehingga mempengaruhi nilai kekuatan tarik pada komposit.

SUMMARY

Fabrication And Testing Composite Pipe Pull The Wool Fiber Additive Particle Montmoriillonite; Ibrahim Tri Statistiano, 101910101090; 2016; page; Mechanical Engineering Major Faculty of Engineering Jember University.

Composite is one kind of material created by the merger of two or more kinds of materials that have different properties into one new materials with different properties. Composite material is one that has many advantages such as resistance to corrosion, has a strength to weight ratio is high, easy on the shape and the manufacturing process is very simple. The excess of the composite finally used as a substitute for the creation of tanks, pipes used in chemical factories. Lately composite developed in the automotive world (transport) and building materials. One of the constituent materials include resins, fibers and ceramic particles. So that the composite can be Being new material as Substitute metal.

The manufacture of composite conducted at the Laboratory of Applied Technology Department of Mechanical Engineering , Faculty of Engineering, University of Jember. The timing of the study began in December to the month of february 2016. The method used is Filament winding. Variables used include variations in particle size of the mesh 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150 with the matrix polyester fiber wool berpenguat, Whereas the observed parameter is the tensile strength, and the macro-structure and micro-fracture.

Results of testing the tensile strength of the composite showed a decrease in tensile strength after adding MMT particles with a mesh size of number 20 180.28 MPa (without particle) to 49.08 MPa. While composite sizes 20 to 150 have increased tensile strength value of 49.08 to 210.89 MPa, which shows the smaller the particle size of MMT, hence increasing its strength. This is caused by the strengthening of MMT particles and woolen yarn, although the value of tensile

strength composite mesh sizes 20, 40 mesh, 60 mesh, 80 mesh, 100 mesh was still under the power of the composite mesh 0 (no additive MMT). Montmorillonite particles work well on the size of 120 mesh and 150 mesh, particle size MMT At this, the bonds between the amplifier and the binder exceeds the strength of the composite without the additive MMT.

Based on the macro-structure is done . There are several forms of fault that occurred . Where the size of the mesh 20 and mesh 40 forms fault that occurred on average experienced a fiber pull out , the size of the mesh 60 and mesh 80 fractures occurred, ie fiber pull out and fiber break , a mesh size of 100 mesh, 120 mesh and 150 show the fracture average occurred, ie fiber break . But on the particle size of 120 mesh and 150 mesh shows the fibers of the wool and occurred cracks in a tensile test specimens . This is due to the larger mesh , the better the bond .

From the results of micro photograph showing the porosity differences that occur on any mesh size variations . The presence of porosity affects the interface that occurs between matrix , wool yarn and MMT particles . Where the smaller the particle size of the composite , the bonding between the particles , wool yarn , and the better matrix . In a large particle porosity that occurs in the larger specimens , so that affects the value of tensile strength to the composite .

PRAKATA

Segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat-Nya sehingga skripsi ini dapat tersusun sesuai dengan yang diharapkan. Penulis menyusun skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Selain itu penulis berharap agar skripsi yang telah tersusun ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pada khususnya maupun bagi masyarakat pada umumnya.

Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan segenap pikiran maupun yang telah banyak membantu dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Agus Triono S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak. Imam Sholahudin, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang Tua Penulis yang selalu memberikan dukungan baik dalam bentuk do'a, pikiran maupun materi.
3. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam memberikan dukungan.
4. Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Dalam penyusunan skripsi ini, Penulis berusaha semaksimal mungkin agar skripsi yang disusun ini menjadi sempurna tanpa adanya satu kekurangan apapun juga. Namun tidak menutup kemungkinan bagi pembaca yang akan memberikan saran ataupun kritik tentu saja akan penulis pertimbangkan.

Jember, Maret 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
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 Definisi	5
2.1.2 Jenis-jenis Material Komposit	6
2.1.3 Metode Pembuatan Komposit	8
2.2 Resin polyester	11
2.3 Partikel Montmorillonite	13

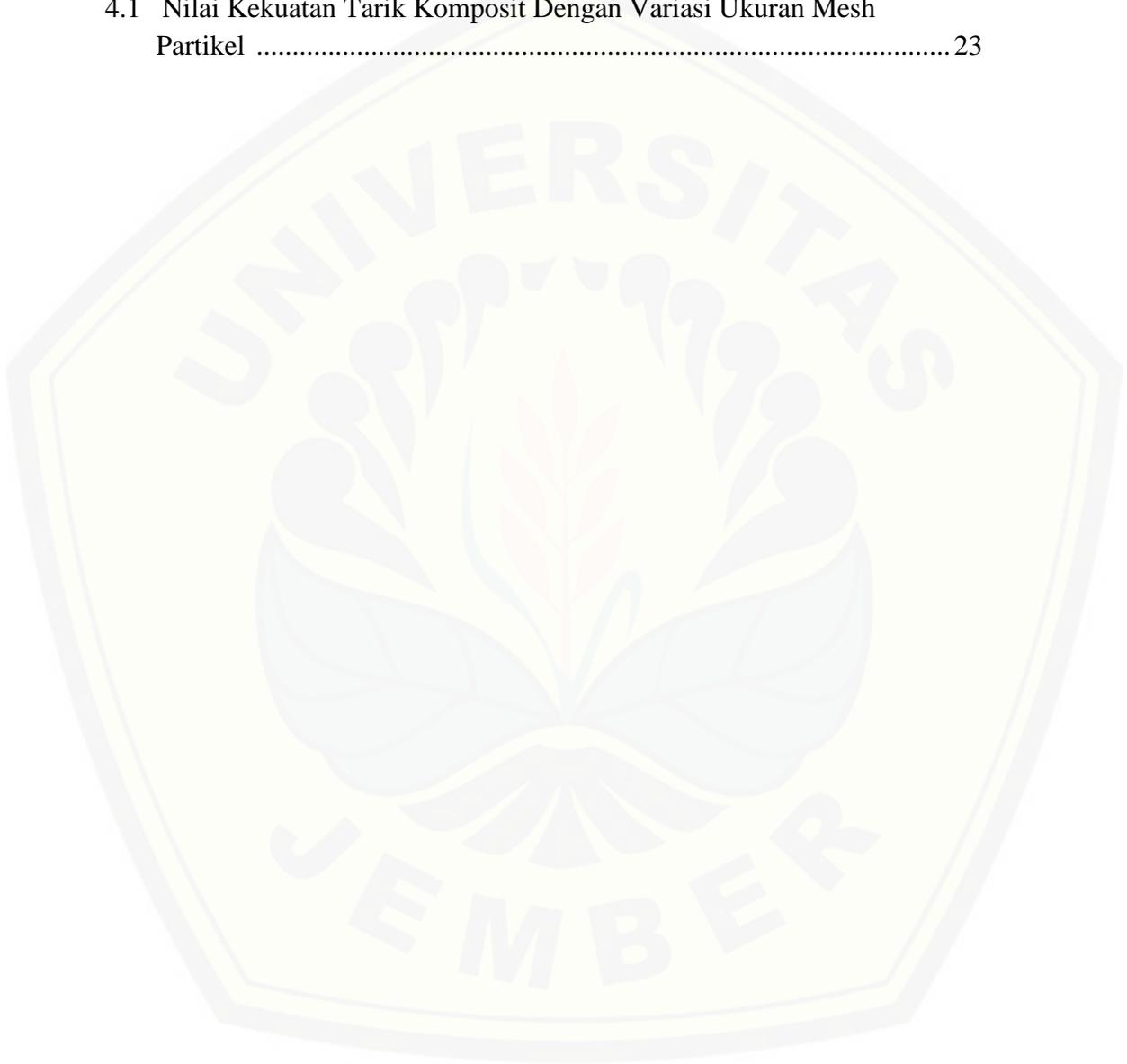
2.4 Benang Wol	13
2.5 Filament Winding	14
2.6 Karakterisasi	15
2.6.1 Pengujian tarik pipa komposit	15
2.6.2 Pengujian Morfologi	17
2.7 Pipa Komposit	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Prosedur Penelitian	20
3.3.1 Langkah-langkah Pembuatan Sampel	20
3.3.2 Langkah-langkah pengujian sampel	21
3.4 Diagram Alir Penelitian	22
Bab 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Data Hasil Pengujian Tarik	23
4.2 Data Foto Makro	23
4.3 Analisa Kekuatan Tarik	25
4.4 Analisa Struktur Makro	26
4.5 Analisa Struktur Mikro	28
4.5.1 Analisa Struktur Mikro Komposit Dengan Penambahan MMT	28
4.5.2 Analisa Struktur Mikro Komposit Dengan Variasi Penambahan MMT	28
Bab 5. PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Komposit Serat	7
2.2 Komposit Laminat	7
2.3 Komposit Partikel	8
2.4 Metode hand lay-up	9
2.5 Metode spray up	10
2.6 Struktur ideal dari polyester Isophthalic	12
2.7 Resin Polyester ETERSET 2504 APT	12
2.8 Skema Proses produksi <i>filament winding</i>	15
2.9 Alat Bantu Pengujian tarik pipa komposit ASTM D2290	16
2.10 Bentuk Spesimen Uji Tarik	16
3.1 Diagram Alir Penelitian	22
4.1 Spesimen uji sebelum dan sesudah dipotong (a) tanpa partikel, (b) mesh 20, (c) mesh 40, (d) mesh 60, (e) mesh 80,(f) mesh 100, (g) mesh 120, (h) mesh 150	24
4.2 Grafik Nilai Kekuatan Tarik	25
4.3 Foto makro sampel uji tarik komposit (a) tanpa partikel, (b) mesh 20, (c) mesh 40, (d) mesh 60, (e) mesh 80,(f) mesh 100, (g) mesh 120, (h) mesh 150	26
4.4 Foto mikro (a) tanpa partikel, (b) mesh 20	27
4.5 Foto mikro (a) Mesh 20, (b) mesh 40	28
4.6 Foto mikro (c) Mesh 60, (d) Mesh 80, (e) Mesh 100, (f) Mesh 120, (g) Mesh 150.....	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi Resin <i>Polyester</i>	13
2.2 Spesifikasi kekuatan tarik benang wol	14
4.1 Nilai Kekuatan Tarik Komposit Dengan Variasi Ukuran Mesh Partikel	23



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit merupakan salah satu jenis bahan yang dibuat dengan penggabungan dua atau lebih macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula (Purwanto dan Johar, 2012). Komposit merupakan salah satu material yang mempunyai banyak kelebihan antara lain tahan terhadap korosi, mempunyai rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, mudah di bentuk dan proses pembuatan sangat sederhana. Dari kelebihan tersebut akhirnya komposit banyak di gunakan sebagai pengganti misalnya pembuatan tangki, pipa-pipa yang biasa digunakan di pabrik-pabrik kimia. Akhir-akhir ini komposit dikembangkan di dunia otomotif (transportasi) dan bahan bangunan. Salah satu bahan penyusun antara lain resin, serat, dan partikel keramik.

Partikel keramik yang tersedia dengan jumlah berlimpah di Jawa Timur khususnya kabupaten Jember, dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan komposit. Pembentukan komposit dilakukan dengan cara *filament winding*. Komposit yang sudah terbentuk perlu diuji kekuatannya.

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) metode *filament winding* dengan modifikasi *silica sprayer* menunjukkan bahwa fraksi berat yang pada awalnya diatur sekitar 50% karena ada beberapa partikel yang jatuh atau terbang menjadi hanya 39%, dengan hasil yang cukup baik pada sifat kekakuan pipa (*pipe stiffnees*) dan faktor kekakuan

(*stiffiness Factor*) masing-masing mengalami kenaikan rata-rata sebesar 103.9% dan 112.6%.

Menurut Clareyna dan Mawarani (2013), komposit dengan menggunakan empat macam ukuran penguat yaitu serat *chopped* dan partikel berukuran 100 mesh, 140 mesh, dan 200 mesh. Serta fraksi volume divariasikan dari 2,5% hingga 15%, didapatkan nilai kekuatan tarik terbesar pada fraksi volume 7,5%. Pada fraksi volume 7,5% nilai kekuatan tarik yang paling kecil dari semua ukuran penguat adalah pada sampel komposit dengan ukuran penguat 100 mesh. Sedangkan nilai kekuatan tarik yang paling tinggi dari semua ukuran penguat adalah pada sampel komposit dengan ukuran penguat 200 mesh.

Menurut Goncalves dkk (2004), komposit berpenguat serat wol dengan matrik *polyester 272 THV* didapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 22,047 MPa tanpa perlakuan panas pada serat wol dan 29,350 mpa pada benang wol yang diberi perlakuan panas dengan peningkatan kekuatan 27%.

Berdasarkan latar belakang di atas dilakukan penelitian mengenai pembuatan sampel menggunakan metode *filament winding* dengan menggunakan benang wol dan partikel MMT dengan variasi ukuran partikel.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka di rumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel terhadap nilai kekuatan tarik pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel?
2. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel terhadap morfologi pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel MMT setelah diuji tarik?

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. Beban tarik searah sumbu netral specimen
3. Tidak membahas ikatan kimia

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel terhadap nilai kekuatan tarik pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel MMT.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel terhadap morfologi pipa komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel MMT setelah diuji tarik.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian mengenai variasi pengaruh pemberian partikel dan fraksi volume terhadap kekuatan mekanik pada komposit, dapat diambil manfaat antara lain:

1. Sebagai referensi pembuatan komposit dengan proses *filament winding*.
2. Meningkatkan kekuatan dari pipa komposit.
3. Sebagai bahan pertimbangan penggunaan komposit partikel tanah liat yang ramah lingkungan pada dunia industri otomotif.
4. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan material alternatif yang berbahan tanah liat sehingga menghasilkan harga yang relatif murah dan berkualitas tinggi.

1.6 Hipotesa

Hipotesa yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah :

Semakin kecil ukuran partikel MMT atau semakin besar ukuran mesh pada komposit berpenguat serat wol dengan aditif partikel MMT , akan meningkatkan kekuatan tarik. Karena semakin kecil ukuran partikel ikatan yang terjadi semakin baik.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

2.1.1 Definisi

Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi material komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan dimana material yang satu berperan sebagai penguat dan yang lainnya sebagai pengikat. Secara sederhana dapat didefinisikan komposit terdiri dari dua material yang berbeda propertiesnya dan perbedaannya itu dilihat secara mikroskopis. Komposit disusun dari dua komponen yaitu matriks atau resin dan *reinforcement* atau penguat atau ada juga yang menyebut filler. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Junus, 2011)

Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya, yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih terlihat serat maupun matriksnya (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 material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada *alloy* / paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya. 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.

Secara alami kemampuan tersebut di atas tidak terjadi pada waktu yang bersamaan. Sekarang ini perkembangan teknologi komposit mulai berkembang dengan pesat. Komposit sekarang ini digunakan dalam berbagai variasi komponen antara lain untuk otomotif, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, kapal dan alat-alat olah raga seperti ski, golf, raket tenis dan lain-lain (Junus 2011).

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 termalnya yang baik
- d. Kekuatan lelah (*fatigue*) tinggi, lebih baik daripada logam.
- e. Ketahanan oksidasi serta korosinya sangat baik.
- f. Muai termal rendah.
- g. Sifat produk dapat diatur terlebih dahulu, disesuaikan terapannya.

Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain: Jenis bahan-bahan penyusun, bentuk geometris dan struktur bahan penyusun, rasio perbandingan bahan-bahan penyusun, orientasi bahan penyusun, dan proses pembuatan.

2.1.2 Jenis-jenis Material Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya (Pradana, 2014), yaitu:

a. *Fibrous Composites* (Komposit Serat)

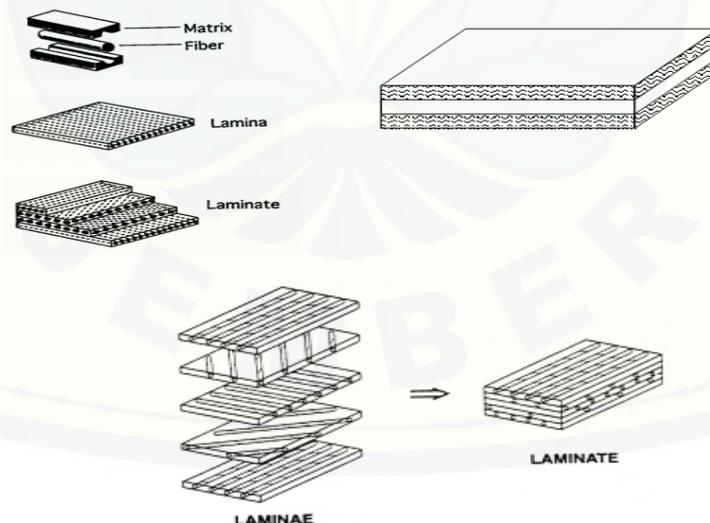
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fiber, carbon fiber, aramid fiber (*poly aramide*), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



Gambar 2.1 Komposit Serat (Pradana, 2014)

b. *Laminated Composites* (Komposit Laminat)

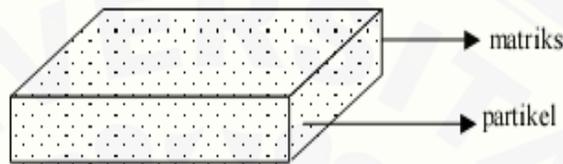
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



Gambar 2.2 Komposit Laminat (Pradana, 2014)

c. *Particulate Composites* (Komposit Partikel)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serat sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Sifat dari komposit dengan bahan pengisi partikel adalah seragam (isotropik) dalam arah maupun karena distribusi partikel dalam matrik acak dan merata. Komposit berpenguat partikel dapat dilihat pada (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Komposit Partikel (Pradana, 2014)

2.1.3 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*). Dalam penelitian ini digunakan proses cetakan terbuka (*open-mold process*). Ada beberapa jenis dari proses cetakan terbuka (*open-mold process*) (Winata, 2015) yaitu:

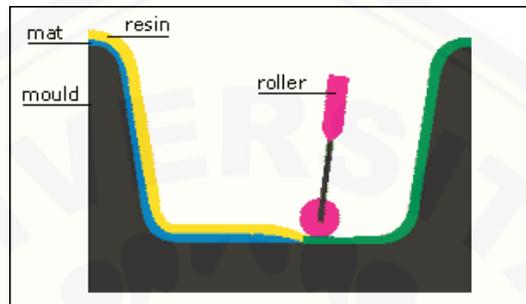
a. *Hand Lay Up*

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan campuran resin dan katalis dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain. Kemudian memberikan tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada suhu ruangan. Kelebihan menggunakan metode ini adalah:

1. Mudah dilakukan.
2. Cocok digunakan untuk komponen yang besar.

3. Volumennya rendah.

Pada metoda *hand lay up* ini resin yang paling banyak digunakan adalah *polyester* dan *epoxy*. Proses *hand lay up* dapat kita lihat seperti (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 metode hand lay-up

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.

b. *Vacuum Bag*

Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dicetak. Udara dalam wadah divakumkannya, maka udara yang ada diluar penutup *plastic* 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.

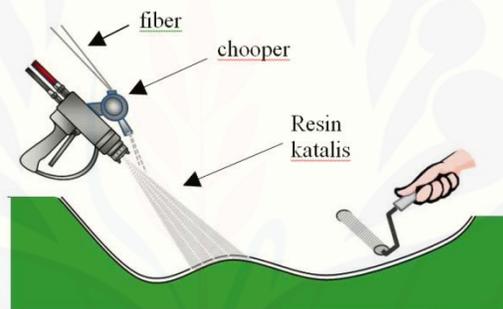
c. *Pressure Bag*

Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis. Biasanya tekanan besar tekanan yang di

berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Aplikasi dari metoda *vacuum bag* ini adalah pembuatan tangki, wadah, dan turbin angin.

d. *Spray Up*

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dibandingkan metode *hand layup*. Proses *spray up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan pada wadah tempat pencetakan *spray-up* telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar.



Gambar 2.5 Metode *spray up*

e. *Filament Winding*

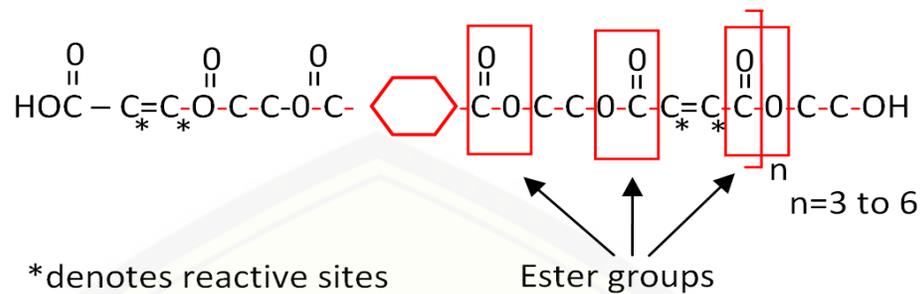
Fiber tipe *roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan *fiber* sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoset yang biasa digunakan pada proses ini adalah *polyester*, *vinil ester*, *epoxies*, dan *fenolat*.

2.2 Resin 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.

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 poliester jenuh (*saturated polyester*) seperti *Terylene*, yang tidak bisa mengalami curing dengan cara seperti ini. Resin *unsaturated polyester* merupakan matrik thermosetting 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 dua prinsip dari resin *polyester* yang digunakan sebagai laminasi dalam industri komposit. Yaitu resin *polyester orthophthalic* yaitu jenis resin standar yang digunakan banyak orang, serta resin *polyester isophthalic* yang saat ini menjadi material pilihan pada dunia industri. Gambar 2.8 menunjukkan struktur ideal dari *polyester Isophthalic*. Perhatikan posisi grup ester (CO-O-C) dan bagian yang reaktif atau bertangan ganda (C*=C*) dalam rantai molekul (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 Struktur ideal dari *polyester Isophthalic* (Winata, 2015)

Posisi antara gugus ester yang berurutan dan berdekatan dengan bagian paling reaktif, menyebabkan material *polyester Isophthalic* hampir jenuh dan sulit untuk menyerap air. Hal inilah yang menyebabkan material ini memiliki ketahanan yang luar biasa terhadap penyerapan air.

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 dibiarkan terlalu lama.



Gambar 2.7 Resin Polyester ETERSET 2504 APT

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin *Polyester* (Thermoset Unsaturated Polyester, Substance & Technologies)

Thermoset, Unsaturated Polyester (UP)				
Sifat	Nilai dalam Satuan Metrik		Nilai dalam Satuan US	
Densitas	1,12 x 10 ³	kg/m ³	70,0	lb/ft ³
Modulus Elastisitas	3,4	Gpa	493	Ksi
Kekuatan Tarik	60	Mpa	8700	Psi
Penguluran	2	%	2	%
Kekuatan Lendut	113	Mpa	16400	Psi
Ekspansi Termal	31 x 10 ⁻⁶	⁰ C ⁻¹	17 x 10 ⁻⁶	in/(in. ⁰ F)
Konduktivitas Termal	0,17	W/(m.K)	1,18	BTU.in/(hr.ft ² . ⁰ F)
Temperatur Kerja Maksimum	170	⁰ C	325	⁰ F

2.3 Partikel *Montmorillonite*

Partikel *Montmorillonite* (*MMT*) merupakan produk keramik dari tanah liat/lempung yang memiliki kandungan 54,59% SiO₂ dan 19,92% Al₂O₃. Tanah liat ini dapat dikategorikan sebagai *Montmorillonite* karena mempunyai kemampuan mengadsorpsi tinggi, sifat liat yang tinggi, berkerut jika dikeringkan dan butirannya berkeping halus. Kedua senyawa tersebut merupakan bahan geomaterial yang mampu meningkatkan ketahanan panas dan kekuatan komposit. Kedua kandungan tersebut menghambat adanya perambatan api (*flame resistance*). *Flame resistance* merupakan komponen atau kombinasi komponen yang dapat menghambat nyala bila ditambahkan pada suatu kandungan sehingga dihasilkan suatu material yang memiliki kemampuan hambat nyala (Diharjo, 2013).

Pada penggunaan *montmorillonite* (MMT) modifikasi filler pada komposit polyester berpenguat kenaf dapat meningkatkan sifat mekanis sebesar 10% atau lebih. Sedangkan penambahan MMT tanpa modifikasi meningkatkan kekuatan tariknya dibandingkan dengan tipe yang lain seperti *trymethil ammonium bromide-montmorillonite* dan *alkyl dimethyl benzyl ammonium-montmorillonite*

(Sreenivasan, dkk., 2012). Penambahan tanah liat pada polyamide-6, PA-6, (4,7%) menuju sifat mekanis superior dan pemanasan temperatur distorsi bertambah menjadi 152oC, dimana 87°C lebih tinggi dibandingkan PA-6 murni (A.P.Mouritz, 2006).

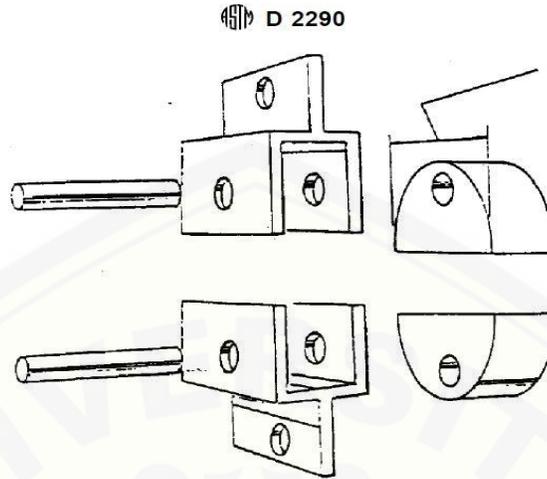
2.4 Benang Wol

Benang adalah sebuah serat yang panjang, digunakan untuk memproduksi tekstil, penenunan, dan pembuatan tambang. Benang dapat dibuat dari banyak *fiber* sintetik atau alami. Benang dapat dibuat dari beragam *fiber* alami seperti wol, alpaca, wol Angora, katun, sutra, bambu, hemp, dan soy. Benang yang kurang umum termasuk dibuat dari bulu onta, bulu kucing, bulu anjing, bulu serigala, bulu kelinci, bulu kerbau, dan bahkan bulu ayam kalkun. Benang komersial lebih sering dibuat dari *fiber* sintetik atau sebuah kombinasi dari *fiber* sintetik dan alami.

Benang wol merupakan benang yang terbuat dari bulu domba,(goncalves dkk) melakukan penelitian menggunakan benang wol sebagai bahan penguat komposit , benang wol di berikan tiga perlakuan yaitu benang wol dengan resin epoxy, benang wol dengan resin polyester dan, benang wol 30% dengan resin epoxy. Dibawah ini merupakan spesifikasi kekuatan uji tarik dari benang wol.

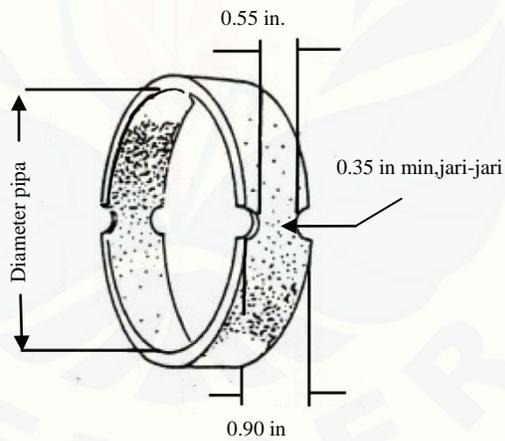
Tabel 2.2 spesifikasi kekuatan tarik benang wol

Spesimen	Material	F (N)	σ (Mpa)	Average (Mpa)
1	Wool	6.12	15.91	17.515
2	Wool	7.35	19.12	
3	wool s/a + polyester	19.67	25.06	22.097
4	wool s/a + polyester	14.89	18.97	
5	wool s/a + polyester	17.47	22.26	
6	wool c/a + polyester	19.75	25.16	29.35
7	wool c/a + polyester	26.33	33.54	



Gambar 2.9 Alat Bantu Pengujian tarik pipa komposit ASTM D2290

Bentuk dan dimensi spesimen menurut Standar ASTM D 2290 di tunjukkan oleh gambar 2.10.



Gambar 2.10 Bentuk Spesimen Uji Tarik

Perhitungan kuat tarik menurut Standar ASTM D 2290 menggunakan rumus

$$\sigma_a = p_b / 2A_m \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

σ_a = Tegangan Tarik Maksimum (Mpa)

P_b = Beban Maksimum (N)

A_m = Luas Area Minimum (in^2)

2.6.2 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(Calliester, 2007).

Patah secara sederhana dapat didefinisikan sebagai pemisahan sebuah bahan menjadi dua atau lebih potongan sebagai respon dari tegangan static yang bekerja dan pada temperatur yang relative 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 memeperlihatkan 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 (Callister, 2007). Oleh karena itu, untuk mengetahui bentuk patahan dan ikatan yang terjadi, perlu dilakukan pengamatan secara makro dan mikro.

2.7 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* (GPR) atau sering juga disebut dengan *fiber reinforced plastics* (FRP). Beberapa kelebihan pipa komposit dibandingkan dengan pipa logam antara lain (Yanuar 2006)

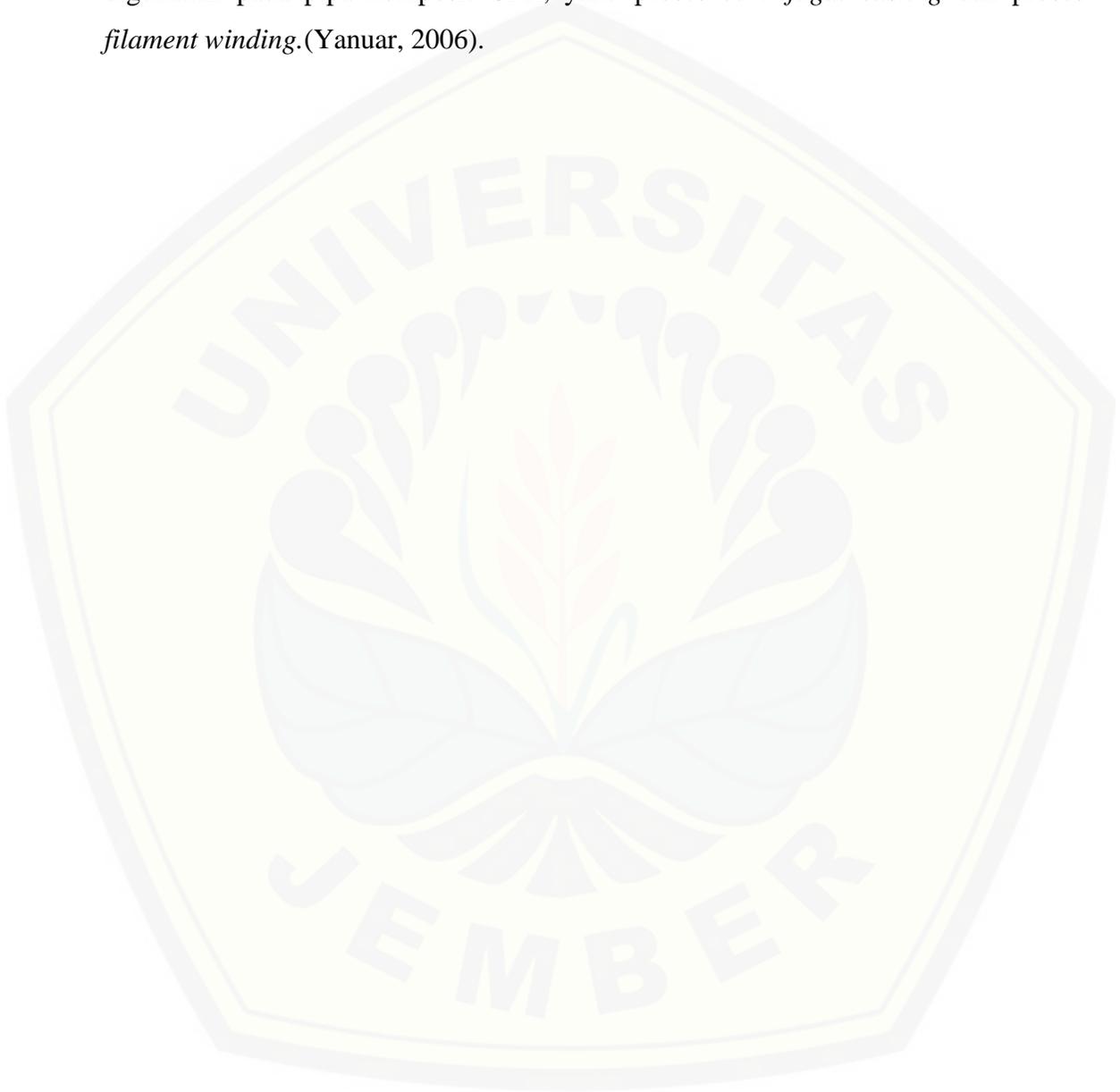
- a. Tahan terhadap korosi sehingga dapat mengurangi biaya perawatan terhadap korosi
- b. Tahan terhadap zat-zat yang bersifat reaktif
- c. Lebih ringan sehingga mengurangi beban di atas *platform*
- d. Rasio *streng to weight* yang tinggi
- e. *Surface finish* yang baik sehingga mengurangi *preassure loss*
- f. Ketahanan terhadap beban *fatigue* yang baik
- g. Metode keggalan yang *non catastrophic*, bocor sebelum pecah sehingga dapat dilakukan tindakan penanggulangan.

Beberapa kelebihan pipa komposit dibandingkan dengan pipa logam antara lain (Yanuar 2006).

- a. Temperatur operasi terbatas, diatasi oleh *temperature transition* (Tg) dari resinnya. Jika temperatur operasi melebihi *temperature transition resin* maka pipa akan gagal akibat resinnya terdegradasi
- b. Resinnya akan terdegradasi (pipa gagal) jika terlalu lama terekspos *ultra violet* dalam jangka panjang
- c. Memiliki densitas yang rendah, sehingga kurang stabil pada penggunaan di bawah laut
- d. 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 GPR, yaitu proses *centrifugal casting* dan proses *filament winding*. (Yanuar, 2006).



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 dua bulan yaitu bulan November sampai dengan Desember tahun 2015.

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut :

1. Mesin uji tarik standar penelitian universal machine testing merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN di laboratorium Uji Bahan teknik Mesin Universitas Jember
2. Mesin *filament winding*
3. Partikel MMT ukuran mesh 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150
4. Resin eterset 2504 APT
5. Katalis
6. Benang wol
7. Kamera DSLR merk Nikon resolusi 1920 x 1080

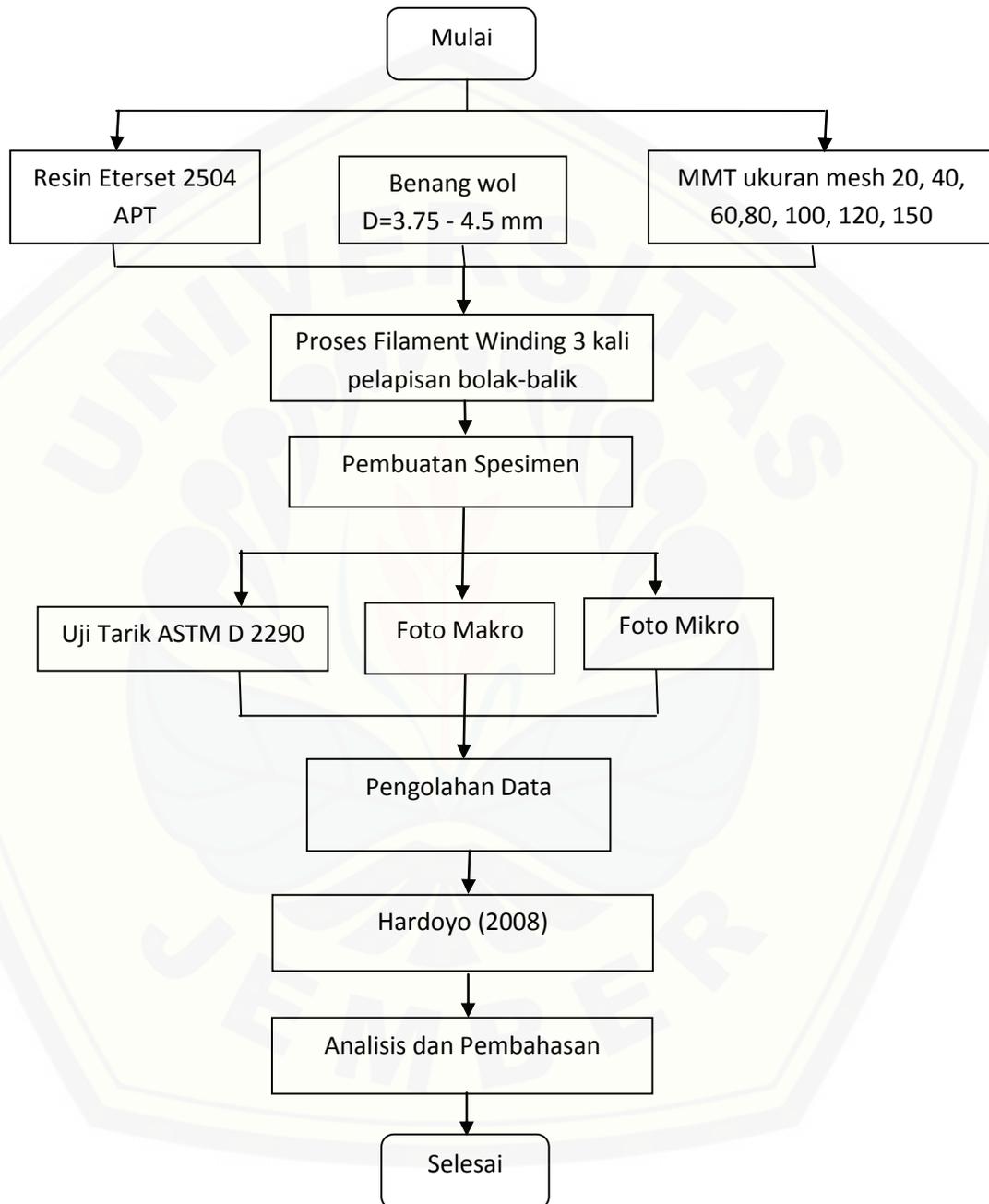
3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Langkah-langkah Pembuatan Sampel

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Menghancurkan partikel dan ayak dengan mesin ayak *steen lees* dengan ukuran mesh 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150.
3. Meletakkan benang di mesin *filament winding*.

4. Menuangkan resin yang sudah tercampur katalis ke bak resin yang ada di *mesin filament winding*.
 5. Meletakkan partikel yang sudah diayak ke bak partikel yang ada di mesin *filament winding*.
 6. Menghidupkan mesin *filamen winding* dan mengatur kecepatan sesuai dengan yang diinginkan untuk menentukan jarak benang yang akan terbentuk.
 7. Setelah pipa terbentuk kemudian memutus benang dari material, dan mematikan mesin yang menggerakkan bak resin dan partikel.
 8. Membiarkan mesin yang menggerakkan mandrel tetap hidup sampai material kering.
 9. Setelah kering melepaskan material yang sudah terbentuk dari cetakan.
- 3.4.2 Langkah-langkah pengujian sampel
1. Memotong material sesuai dengan standar pengujian tarik ASTM D 2290
 2. Memasang material yang sudah di potong di alat penjepit untuk uji tarik (lihat Gambar 2.9).
 3. Melakukan pengujian tarik dengan mesin uji tarik.
 4. Mencatat hasil yang dikeluarkan oleh mesin uji tarik.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

Bab 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

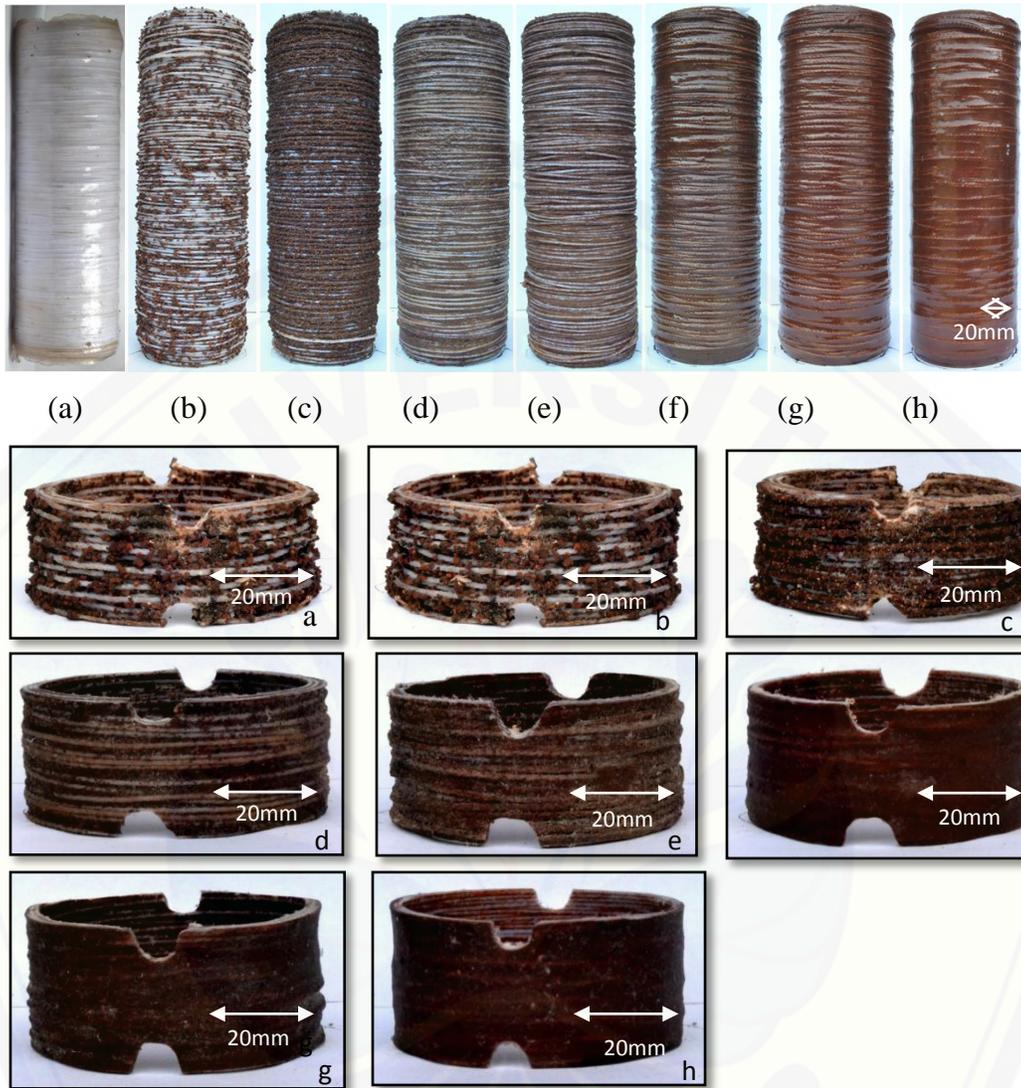
Data hasil pengujian diperoleh melalui pengujian tarik menggunakan universal machine testing merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN di laboratorium Uji Bahan teknik mesin Universitas Jember, sampel uji yang digunakan menggunakan variasi ukuran partikel MMT mesh 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150. Dan diperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik seperti berikut ini.

Tabel 4.1 Nilai Kekuatan Tarik Komposit Dengan Variasi Ukuran Mesh Partikel

No	Mesh	Kekuatan Tarik (MPa)
1	0	180.28
2	20	49.08
3	40	63.86
4	60	107.21
5	80	139.78
6	100	167.57
7	120	190.05
8	150	210.89

4.2 Data Foto Makro

Komposit yang dibuat merupakan komposit berpenguat serat/benang wol dengan penambahan partikel MMT, tersusun atas resin unstatuired polyester Eterset 2504 APT sebagai matrik dan benang wol dan partikel MMT sebagai penguat dengan ukuran mesh 20,40,60,80,100,120,150.

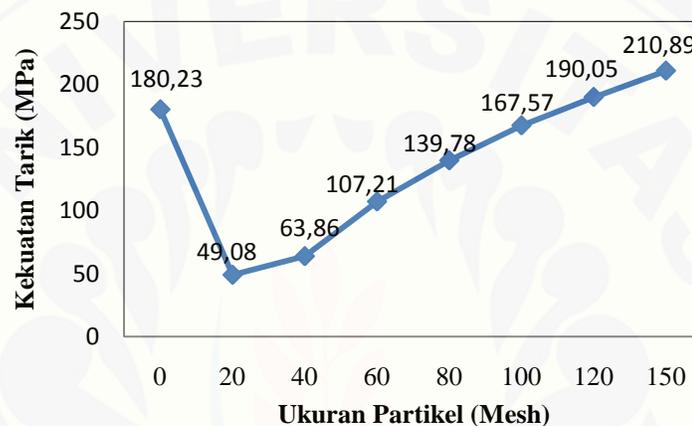


Gambar 4.1 spesimen uji sebelum dan sesudah dipotong (a) tanpa partikel MMT, (b) mesh 20, (c) mesh 40, (d) mesh 60, (e) mesh 80, (f) mesh 100, (g) mesh 120, (h) mesh 150

Gambar 4.1 menunjukkan spesimen komposit yang dihasilkan menggunakan metode *filament winding* sebelum dan sesudah dipotong. gambar tersebut memperlihatkan perbedaan hasil spesimen pada setiap variasinya.

4.3 Analisa Kekuatan Tarik

Berdasarkan nilai rata-rata kekuatan tarik diperoleh grafik sebagai berikut.



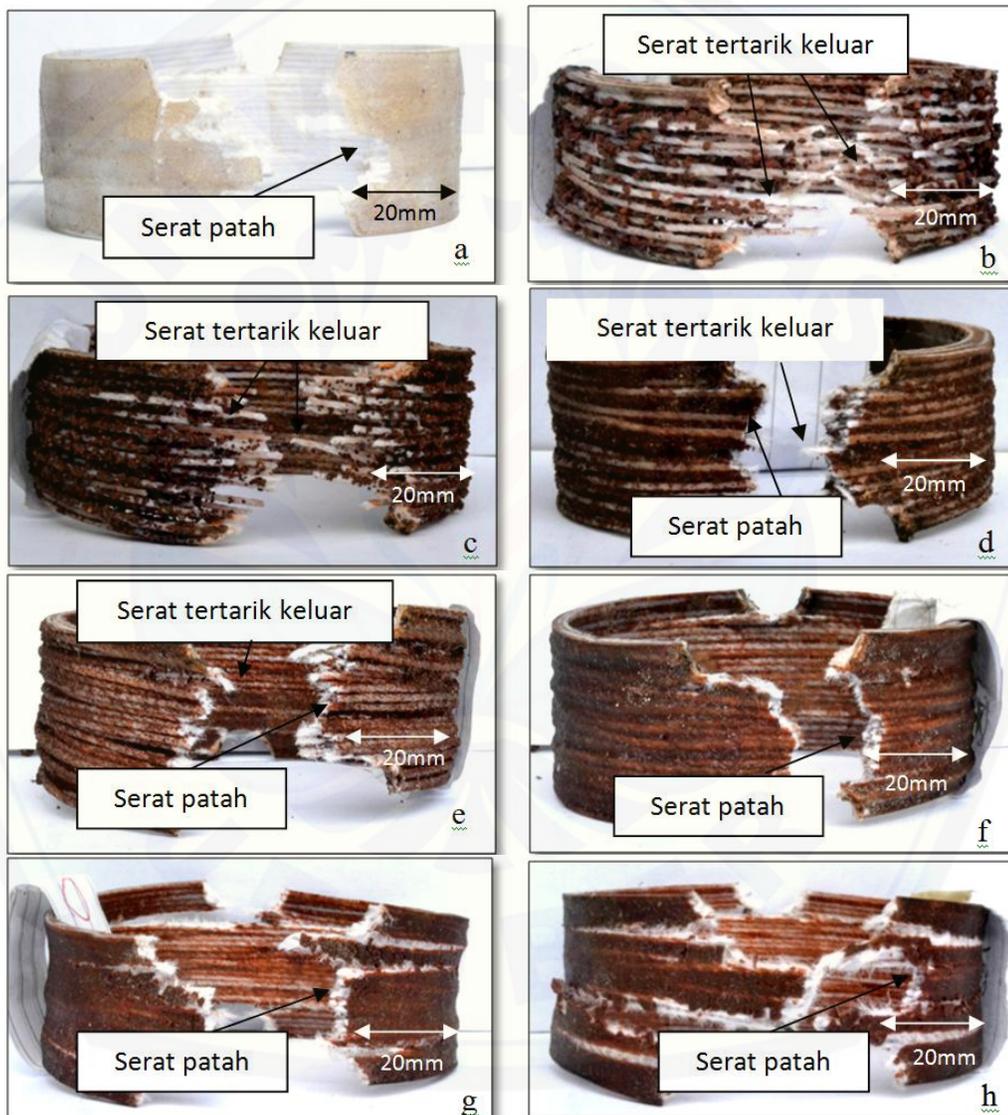
Gambar 4.2 Nilai Kekuatan Tarik Terhadap Variasi Ukuran Partikel (Mesh)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 diatas menunjukkan terjadinya penurunan dikarenakan penambahan partikel MMT, kekuatan komposit setelah ditambahkan partikel MMT dengan mesh 20, dari angka 180.28 MPa (tanpa partikel menjadi 49.08 MPa hingga ukuran mesh 100 sebesar 167,57. Namun secara perlahan terjadi peningkatan kekuatan tarik dengan bertambahnya ukuran mesh dari mesh 20 ke mesh 150 sebesar 49.08 MPa menjadi 210.89 MPa. Kekuatan komposit setelah ditambahkan partikel MMT terjadi peningkatan kekuatan tarik pada ukuran mesh 120 sebesar 190.05.

Menurut Nasirudin (2014), penambahan *montmorillonite* meningkatkan kekuatan tarik komposit, meskipun pada fraksi 10%, 20% dan 30% kekuatannya dibawah sampel kontrol.

4.4 Analisa Struktur Makro

Setelah dilakukan pengujian, kondisi foto makro komposit dapat menjelaskan fenomena patahan pada komposit. Patahan yang terjadi pada spesimen setelah diuji tarik sebagian besar mengalami patah *fiber break* dan *fiber pull out*. Hal ini dapat dijelaskan pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 foto makro sampel uji tarik komposit (a) tanpa partikel MMT, (b) mesh 20, (c) mesh 40, (d) mesh 60, (e) mesh 80, (f) mesh 100, (g) mesh 120, (h) mesh 150

Berdasarkan Gambar 4.3 ukuran mesh 20 dan mesh 40 bentuk patahan yang terjadi rata-rata mengalami *fiber pull out*, ukuran mesh 60 dan mesh 80 patahan yang terjadi yaitu *fiber pull out* dan *fiber break*, ukuran mesh 100, mesh 120 dan mesh 150 menunjukkan patahan rata-rata yang terjadi yaitu *fiber break*. Tetapi pada ukuran partikel mesh 120 dan mesh 150 menunjukkan adanya serabut dari benang wol dan terjadi retakan pada spesimen uji tarik. Hal ini disebabkan semakin besar mesh maka ikatan semakin baik.

Menurut Siswanto (2011) ukuran partikel mesh 80-100 menghasilkan kekuatan ikatan antar partikel lebih tinggi, hal tersebut disebabkan luasan area ikatan lebih luas dibandingkan dengan ukuran mesh 40-60 dan 60-80.

4.5 Analisa Struktur Mikro

Pengambilan foto mikro pada komposit menggunakan mikroskop dapat menampilkan gambar yang lebih jelas tentang fenomena-fenomena yang terjadi pada spesimen komposit serta dapat mengamati ikatan yang terjadi pada matriks polyester dan partikel (MMT). Pada pengamatan ini dilakukan dengan perbesaran 50x.

4.5.1 Analisa Struktur Mikro Komposit Dengan Penambahan MMT

Berdasarkan foto mikro yang telah dilakukan terlihat perbedaan pada komposit. Dengan adanya penambahan partikel terjadi porositas pada spesimen. Dapat dijelaskan pada Gambar 4.4.



(a)

(b)

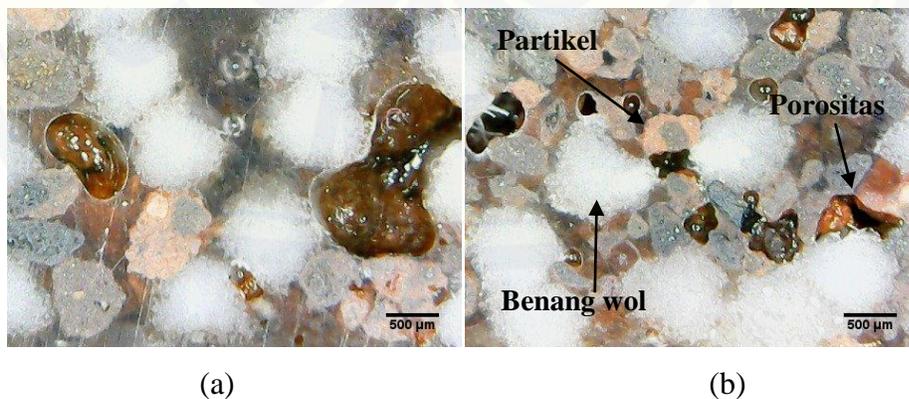
Gambar 4.4 foto mikro (a) tanpa partikel MMT, (b) mesh 20

Dilihat dari Gambar 4.4 terjadi perbedaan porositas yang signifikan antara spesimen tanpa partikel dengan spesimen penambahan partikel ukuran mesh 20. Adanya porositas yang terjadi mempengaruhi ikatan pada komposit, dimana pada spesimen tanpa partikel porositas yang terjadi lebih sedikit dibandingkan dengan spesimen setelah diberikan penambahan partikel ukuran mesh 20. Sehingga pada pengujian tarik spesimen tanpa partikel diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 180.23 MPa dan mengalami penurunan kekuatan tarik setelah diberikan penambahan partikel mesh 20 menjadi 49.08 MPa.

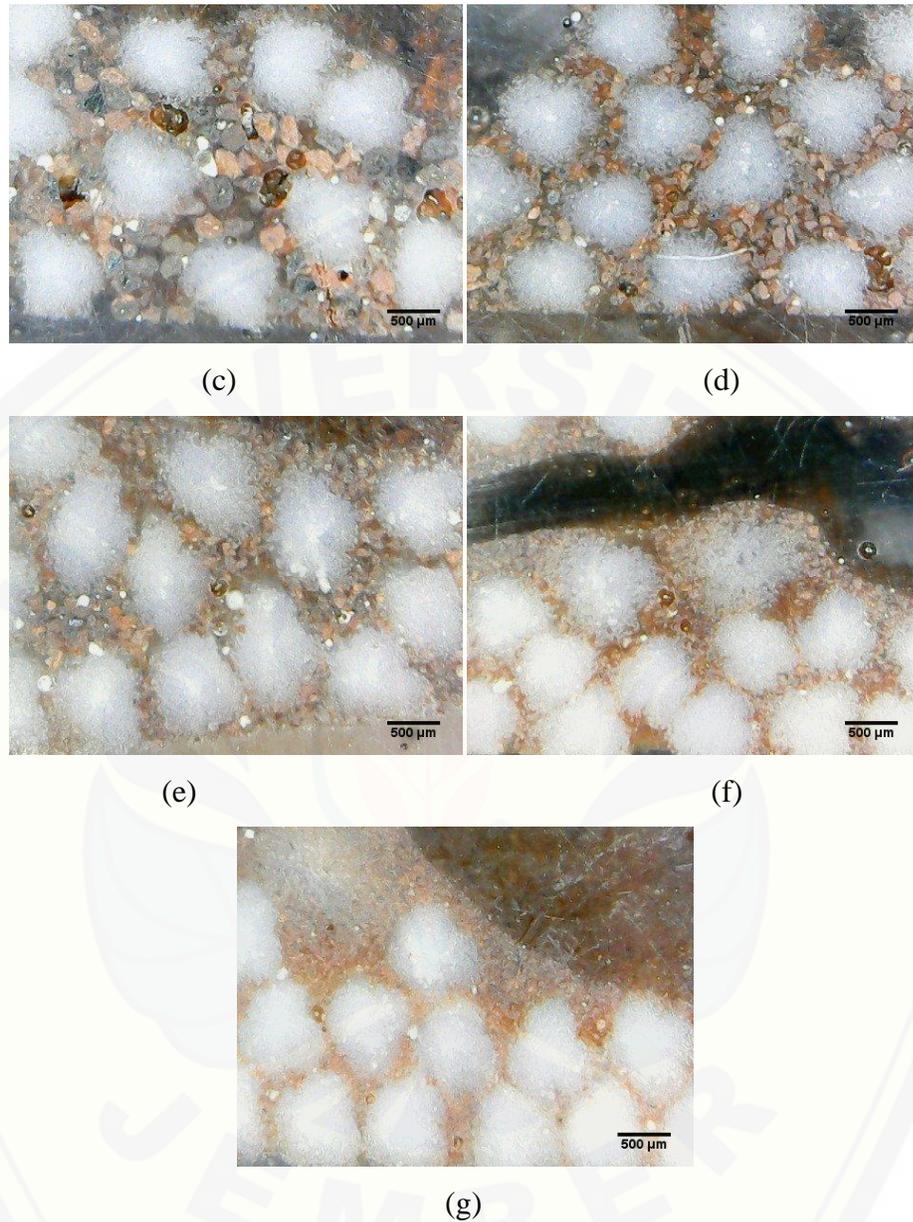
Menurut Nasirudin (2014), semakin tinggi persentase fraksi berat MMT, maka kekuatan tariknya semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya penguatan dari partikel MMT dan serat kenaf meskipun nilai kekuatan tarik komposit fraksi berat 10%, 20% dan 30% masih berada dibawah kekuatan komposit fraksi berat 0% (tanpa aditif MMT).

4.5.2 Analisa Struktur Mikro Komposit Dengan Variasi Penambahan MMT

Berdasarkan foto mikro yang dilakukan pada komposit dengan variasi ukuran mesh 20, mesh 40, mesh 60, mesh 80, mesh 100, mesh 120, dan mesh 150, semakin besar ukuran mesh semakin kecil porositas yang terjadi. Hal ini dijelaskan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Foto Mikro (a) Mesh 20, (b) Mesh 40

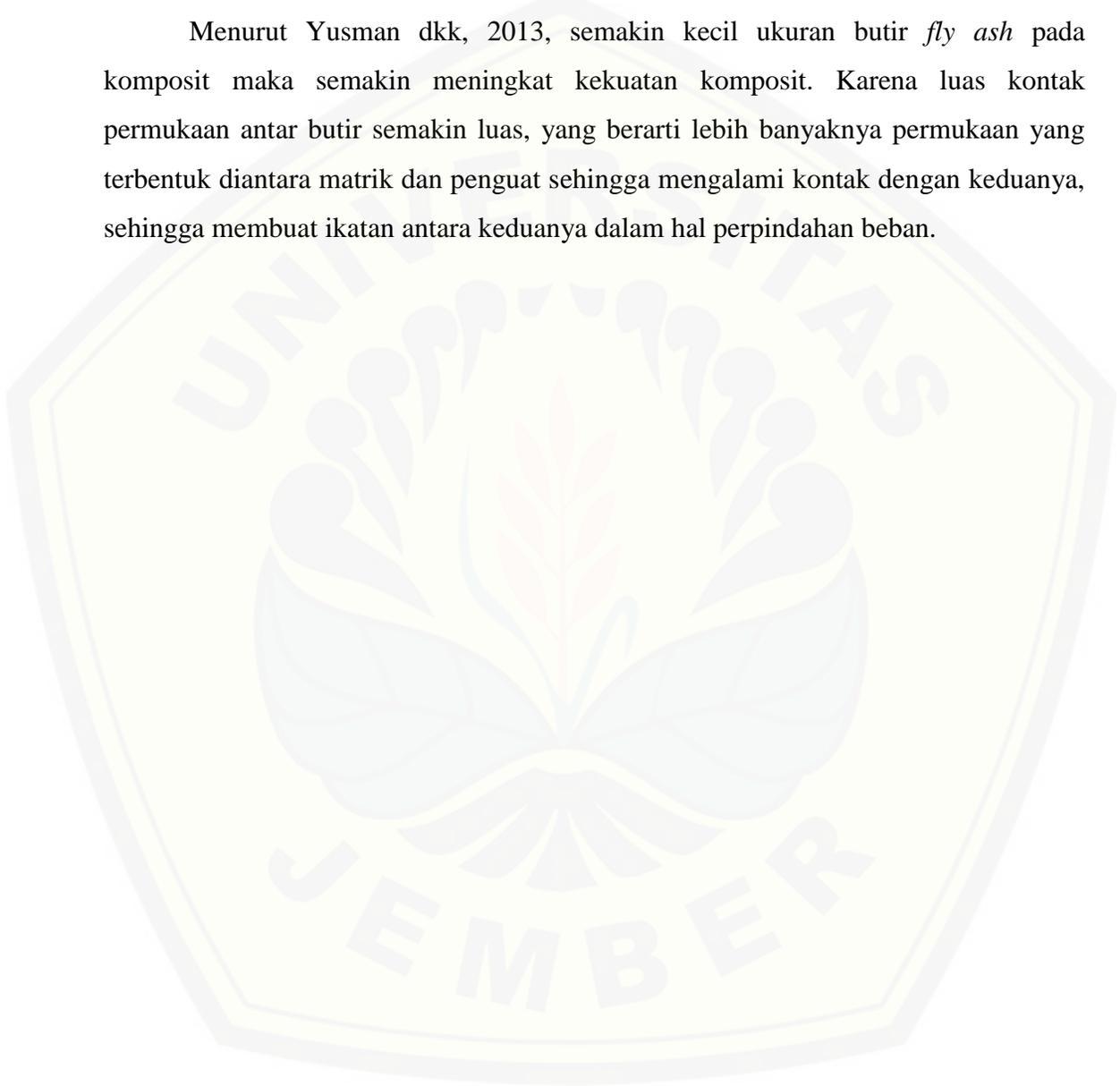


Gambar 4.6 foto mikro (c) Mesh 60, (d) Mesh 80, (e) Mesh 100, (f) Mesh 120, (g) Mesh 150

Dari Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan perbedaan porositas yang terjadi pada setiap variasi ukuran mesh. Adanya porositas mempengaruhi *interface* yang terjadi antara matrik, benang wol dan partikel MMT. Dimana semakin kecil

ukuran partikel pada komposit maka ikatan antar partikel, benang wol, dan matrik semakin baik. Pada partikel yang besar porositas yang terjadi dalam spesimen lebih besar, sehingga mempengaruhi nilai kekuatan tarik pada komposit.

Menurut Yusman dkk, 2013, semakin kecil ukuran butir *fly ash* pada komposit maka semakin meningkat kekuatan komposit. Karena luas kontak permukaan antar butir semakin luas, yang berarti lebih banyaknya permukaan yang terbentuk diantara matrik dan penguat sehingga mengalami kontak dengan keduanya, sehingga membuat ikatan antara keduanya dalam hal perpindahan beban.



Bab 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variasi ukuran mesh terhadap kekuatan tarik komposit. Nilai optimum komposit pada variasi ukuran mesh 20, 40, 60, 80, 100, 120, dan 150 terdapat pada variasi ukuran mesh 150 dengan nilai kekuatan 210.89 MPa.
2. Pada pengamatan struktur makro terdapat patahan *fiber pull out* dan *fiber break*, yang disebabkan ikatan yang kurang baik dan pada pengamatan struktur mikro terdapat porositas yang terletak di antara partikel dan benang wol. Adanya porositas mempengaruhi ikatan antara benang wol, partikel, dan matrik sehingga nilai kekuatan komposit kurang maksimal.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan partikel MMT dengan variasi ukuran mesh menggunakan metode filament winding terhadap sifat mekanis yang berbeda seperti kekuatan bending, kekuatan tekan, kekuatan *impact*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 2290. 2000. *Standard Test Method for Apparent Hoop Tensile Strength of Plastic or Reinforced Plastic Pipe by Split Disk Method*. United States.
- Callister, W. D., 2007, *Material Science and Engineering, An Introduction 7ed*, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc.
- Clareyna, E. D., dan Mawarani, L. J. 2013. *Pembuatan Dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat Bagasse*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Diharjo, K. 2013. Hambatan Panas Komposit Serbuk Genteng Sokka Bermatrik Bisphenolik Lp-1q-Ex. 3.
- Goncalves, S., Vieira, P. & Esteves, J. L. 2004 *Mechanical Characterisation Of Wool Fibres For Reinforcing Of Composite Materials*.
- Hardoyo, K. 2008. *Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Partikel Sio₂ Dengan Matriks Resin Polyester*. Magister, Universitas Indonesia
- Junus, S. 2011. *Komposit Proses, Fabrikasi, Dan Aplikasi*, Jember, Jember University Press
- Mouritz, A, p. 2006. *Fire Properties Of Polymer Composite Materials*.
- Nasirudin . 2014 *Analisis Termal-Mekanis Komposit Matrik Polyester Dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Kenaf*, Sarjana, Universitas Jember.
- Pradana, A. W. 2014. *Pengaruh Variasi Panjang Serat Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Pada Komposit Serat Daun Nanas* ,Sarjana, Universitas Jember.
- Purwanto, D. A & Johar, L. 2012 *Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Bahan Alternatif Bahan Baku Industri*, Its Surabaya.
- Siswanto. 2008. *Pengaruh Fraksi Volume Dan Ukuran Partikel Komposit Polyester Resin Berpenguat Partikel Genting Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan bending*, Sarjana, Teknik Mesin UNS.

- Sreenivasan, S., S. Sulaiman, B. T. H. T. Baharudin, M. K. A. Ariffin, dan K. Abdan. 2012. *Recent Developments of Kenaf Fiber Reinforced Thermoset Composites A Review*.
- Tiwari, N. 2002. *Introduction To Composite Material And Structures*, Indian Institute Of Teknologi Kanpur.
- Winata, P, Y. 2015. *Analisis Variasi Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Polyester Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok*, Teknik Mesin, Universitas Jember.
- Yanuar Norman. 2006 *Perancangan Pipa Penyalur Bawah Laut Menggunakan Material Komposit GPR*. Teknik Mesin FTI ITB.

LAMPIRAN

Lampiran A

TABEL A.1 HASIL PENGUJIAN TARIK

NO	Ukuran mesh	banyak percobaan	beban tarik	luas penampang (A) x 2 (mm)	kekuatan tarik (Mpa)
1	20	1	348	6.15	56.61
		2	306	6.15	49.78
		3	251	6.15	40.83
	jumlah		905	18.44	147.23
	rata-rata		301.67	6.15	49.08
2	40	1	417	5.31	78.55
		2	347	5.31	65.37
		3	253	5.31	47.66
	jumlah		1017	15.93	191.58
	rata-rata		339	5.31	63.86
3	60	1	443	4.19	105.70
		2	465	4.19	110.95
		3	440	4.19	104.99
	jumlah		1348	12.57	321.64
	rata-rata		449.33	4.19	107.21
4	80	1	512	3.35	152.71
		2	497	3.35	148.23
		3	397	3.35	118.41
	jumlah		1406	10.06	419.35

	rata-rata		468.67	3.35	139.78
5	100	1	567	3.07	184.49
		2	459	3.07	149.35
		3	519	3.07	168.87
	jumlah		1545	9.22	502.70
	rata-rata		515	3.07	167.57
6	120	1	570	2.79	204.01
		2	570	2.79	204.01
		3	453	2.79	162.13
	jumlah		1593	8.38	570.15
	rata-rata		531	2.79	190.05
7	150	1	524	2.54	206.30
		2	571	2.54	224.80
		3	512	2.54	201.57
	jumlah		1607	7.62	632.68
	rata-rata		535.67	2.54	210.89
8	0	1	477	2.29	208.66
		2	340	2.29	148.73
		3	419	2.29	183.29
	jumlah		1236	6.86	540.68
	rata-rata		412	2.29	180.23

LAMPIRAN B

Lampiran Foto Penelitian



(a) Mesh 20



(b) Mesh 40



(c) Mesh 60



(d) Mesh 80



(e) Mesh 100



(f) Mesh 120



(g) Mesh 150



(h) Mesh 0

Gambar B.1 Sampel Uji Tarik Keseluruhan



Gambar B.2 Serat Wol



Gambar B.3 Mesin *Filament Winding*



Gambar B.4 Cetakan



Gambar B.5 ayakan



Gambar B.6 Partikel Sesuai Mesh



Gambar B. 7 Proses Pencetakan



Gambar B.8 Pengujian Tarik