

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN TEKAN KOMPOSIT DIPERKUAT SERAT TEBU, SERAT NANAS, DAN SERBUK CANGKANG KELAPA SAWIT PADA PIPA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD YUSUF NASUTION
1507230052



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Yusuf Nasution

NPM : 1507230052

Program Studi : Teknik Mesin

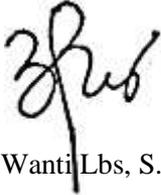
Judul Skripsi : **Analisa Kekuatan Tekan Komposit Serat Tebu Serat Nanas dan Serbuk Cangkang Kelapa Sawit Pada Pipa.**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

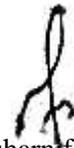
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



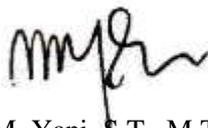
Randini Wanti Lbs, S.T, M.T

Dosen Peguji II



H. Muhamrif, S.T., M.Sc

Dosen Penguji III



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Peguji IV



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



Chandra A. Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : MUHAMMAD YUSUF NASUTION

Tempat / Tgl. Lahir : Medan / 06 Januari 1998

NPM : 1407230052

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Kajian Teknis Pelayanan Terminal Pinang Baris Kota Medan Sumatera Utara”,

Analisa Kekuatan Tekan Serat Tebu, Serat Nanas, dan Serbuk Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Penguat Pipa.

ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

Saya yang menyatakan,



MUHAMMAD YUSUF NASUTION

ABSTRAK

Serat alam adalah serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan berbentuk seperti benang. Serat tebu merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif pembuatan komposit alami yang masih dikembangkan. Pengembangan serat tebu sebagai material komposit sangat diminati mengingat ketersediaan bahan baku serat alam di Indonesia yang melimpah. Serat nanas adalah satu jenis serat yang berasal dari pertumbuhan panjang daun dan sifat atau *characteristic* dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera. Kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan penguat pembentuknya. Serbuk cangkang kelapa sawit adalah bahan baku pembuatan *Carbon Black*. Serbuk cangkang kelapa sawit dipilih karena *Carbon Black* yang terbuat dari minyak bumi, dapat menyebabkan polusi dan indikasi karsinogenik. Penelitian ini menggunakan pipa komposit yang diperkuat dengan serat tebu, serat nanas, dan serbuk cangkang kelapa sawit. Penelitian ini menganalisis kekuatan tekan dengan alat uji UTM pada pipa komposit serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit. Terjadi kekuatan tekan paling tinggi pada pipa komposit serat tebu adalah $1,320 \text{ N/mm}^2$, kekuatan tekan pipa komposit serat nanas adalah $2,049 \text{ N/mm}^2$, dan kekuatan pipa komposit serbuk cangkang kelapa sawit adalah $1,460 \text{ N/mm}^2$.

Kata kunci: Pipa, Serat Tebu, Serbuk Cangkang Kelapa Sawit, Kekuatan Tekan, Alat Uji Universal Testing Machine (UTM)

ABSTRACT

Natural fibers are fibers derived from plants and animals in the form of threads. Sugarcane fiber is one of the alternative natural fiber materials for natural composites that is still being developed. The development of sugarcane fiber as a composite material is in great demand considering the abundant availability of natural fiber raw materials in Indonesia. Pineapple fiber is a type of fiber that comes from the growth of leaf length and the characteristics of the resulting fiber. The intensity of sunlight that is not too much (partially shielded) will produce a fiber that is strong, smooth, and similar to silk. The strength of the composite material is highly dependent on the strength of its constituent reinforcement. Palm oil shell powder is the raw material for making Carbon Black. Palm oil shell powder was chosen because Carbon Black, which is made from petroleum, can cause pollution and indications of carcinogenicity. This research uses sugarcane fiber, pineapple fiber and palm kernel shell powder as reinforcement in the manufacture of composite pipes. This study analyzes the compressive strength with UTM test equipment on composite pipes of sugarcane fiber, pineapple fiber and palm kernel shell powder. The highest compressive strength of sugarcane fiber composite pipe is 1,320 N/mm², the compressive strength of pineapple fiber composite pipe is 2,049 N/mm², and the strength of palm kernel shell powder composite pipe is 1,460 N/mm².

Keywords: *Pipe, Sugar Cane Fiber, Palm Oil Shell Powder, Compressive Strength, Universal Testing Machine (UTM)*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terduga. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Kekuatan Tekan Serat Tebu, Serat Nanas dan Serbuk Cangkang Kelapa Sawit sebagai Penguat Pipa” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak M. Yani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Randini Wanty Lubis, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Mesin kepada penulis.

8. Orang tua penulis Bapak Khairuddin Nasution dan Ibu Murni Rezeki yang telah membesarkan dan mendidik penulis hingga saat ini.
9. Bapak/Ibu Staf di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
10. Para sahabat penulis Danu Tirta ,M Irfan,Gunawan Tribowo

Laporan Tugas Akhir ini masih banyak memiliki kekurangan, untuk itu penulis berharap kritik dan saran yang konstruktif yang dapat memberikan pembelajaran berkesinambungan bagi penulis di masa depan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Mesin.

Medan, Oktober 2021



Muhammad Yusuf Nasution

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAC	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Komposit	7
2.1.1. Resin dan Katalis	7
2.1.2. Klasifikasi Material Komposit	11
2.2. Serat Alam	14
2.2.1. Serat Tebu	14
2.2.2. Serat Nanas	15
2.2.3. Serbuk Cangkang Kelapa Sawit	18
2.3. Pengujian Kuat Tekan	20
2.4. Kerangka Konseptual	21
2.5. Tinjauan Pustaka Terdahulu	23
2.6. Pertanyaan Penelitian	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	25
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.1.1. Tempat	25
3.1.2. Waktu Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan	32
3.2.1. Alat	22
3.2.2. Bahan	28
3.3. Material	32
3.4. Instrumen dan Set-Up Pengujian	32
3.5. Variabel Penelitian	35

3.6. Analisis Data	
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Data Hasil Penelitian	39
4.2. Pembahasan Hasil Penelitian	46
4.3. Jawaban Pertanyaan Penelitian	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	
DATA HASIL DARI UJI KEKUTAN TEKAN PIPA KOMPOSIT	
LEMBAR ASISTENSI	
SK PEMBIMBINGAN	
BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

Ketentuan penulisan :

1. Laporan ditulis pada kertas A4 dengan batas. Kiri 4cm, dan 3cm untuk batas atas, bawah dan kanan.
2. Laporan ditulis dengan huruf Times New Roman dengan font 12.
3. Penomoran halaman diletakkan pada sudut kanan bawah. Dengan ketentuan angka romawi untuk halaman sampul sedangkan isinya menggunakan angka arab.
4. Halaman sampul menggunakan 1 spasi kecuali kata pengantar 1,5 spasi
5. Halaman isi ditulis dengan 1,5 spasi.
6. Halaman penutup (daftar isi, lampiran², lembar kegiatan harian, lembar asistensi) ditulis dengan menggunakan 1 spasi.
7. Penulisan Bab berada di tengah (centre) dengan menggunakan angka arab dan ditulis dalam 1 spasi. Setelah itu diberikan 2x enter untuk menulis sub bab
8. Untuk memulai penulisan pada setiap paragraph, penulisan dilakukan menjorok ke dalam sejauh 1 cm.
9. Penggunaan tulisan cetak tebal pada halaman isi hanya diperbolehkan untuk menuliskan BAB dan Judul bab.
10. Isitilah asing ditulis dengan cetak miring.
11. Penomoran tabel dan gambar tidak ditulis cetak tebal (bold)
12. Penulisan nama pada tabel dilakukan diatas tabel dengan 1 spasi (termasuk isi tabel, 1 spasi). Penulisan dilakukan rata pinggir kiri
13. Tabel dibuat tanpa menggunakan garis vertical, hanya garis horizontal pada kepala tabel dan penutup tabel
14. Penulisan nama gambar dilakukan di bawah gambar pada posisi centre (termasuk gambar, centre)
15. Sistem penulisan daftar pustaka dalam tugas akhir menggunakan APA Style
16. Setiap mahasiswa wajib menuliskan artikel yang bersumber dari penulisan Tugas Akhir masing-masing. Format penulisan artikel mengikuti format penulisan jurnal RMME Teknik Mesin UMSU.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Struktur Penyusun Serat Tebu	15
Tabel 2.2. Jenis Varietas Nanas di Indonesia	16
Tabel 2.3. Struktur Penyusun Serat Nanas	18
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	25
Tabel 4.1. Analisis Data pada Serat Tebu	32
Tabel 4.2. Analisa Data Uji Tekan Dari Pengujian Pipa Komposit	34
Tabel 4.3. Analisis Data Pada Serbuk Cangkang Kelapa	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Fiber Composites</i>	12
Gambar 2.2. Komposit Serpih	12
Gambar 2.3. Komposit Butir / Partikel	13
Gambar 2.4. <i>Filled</i> (Penguat)	13
Gambar 2.5. <i>Laminate Composite</i>	13
Gambar 2.6. Serat Alami dari Ampas tebu	15
Gambar 2.7. Serat Alami dari Serat Daun Nanas	17
Gambar 2.8. Proses Pembuatan Serbuk Cangkang Kelapa Sawit	19
Gambar 2.9. Serbuk Cangkang Kelapa Sawit	19
Gambar 2.10. <i>Fitting elbow</i> 90 ⁰ , 45 ⁰ dan 180 ⁰	9
Gambar 2.11. <i>Fitting straight tee</i> dan <i>reducing tee</i>	9
Gambar 2.12. <i>Fitting stup-in</i>	10
Gambar 2.13. <i>Fitting concentric reducer</i> dan <i>eccentric reducer</i>	10
Gambar 2.14. <i>Fitting cap</i>	11
Gambar 2.15. Pipa Maspion Ukuran 1 Inch	13
Gambar 2.16. Komposit	16
Gambar 2.17. Nanas dan Daun Nanas	18
Gambar 2.18. Serat Daun Nanas	19
Gambar 2.19. Cangkang Kelapa Sawit	20
Gambar 3.1. Gergaji	26
Gambar 3.2. Amplas	27
Gambar 3.3. Pipa	27
Gambar 3.4. Pisau Cutter	28
Gambar 3.5. Penimbang	28
Gambar 3.6. Penggaris	29
Gambar 3.7. Selotip	29
Gambar 3.8 Pembuatan Pipa Uji	30
Gambar 3.9 Lem Super	31
Gambar 3.10 Alat Pengaduk	31
Gambar 3.11 <i>Silicon rubber</i>	32
Gambar 3.12 Resin	33
Gambar 4.1. GwrgajiBesi	38
Gambar 4.2. Gunting	39
Gambar 4.3. Meteran/Penggaris	40
Gambar 4.4. Neraca Digital	42
Gambar 4.5. Kertas Pasir	44

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
E	Modulus Elastisitas	Pa
σ	Tegangan Normal	Pa
ε	Regangan	
F	Beban Tekan	N
A	Luas penampang yang dikenai beban tekan	m^2
Δl	Perubahan panjang yang terjadi	m
l_0	Panjang Awal (Mula-mula)	m
l	Panjang Akhir	m
x	Pukulan/Kejutatan	m

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat. Seiring dengan perkembangan ini, kebutuhan material untuk sebuah produk industri juga meningkat. Analisis ilmu material khususnya di bidang polimer pada hakikatnya terus berkembang seiring dengan usaha manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup dengan memanfaatkan pengolahan bahan dan teknologi.

Material polimer sebagai bahan baku banyak digunakan karena banyak sekali masyarakat yang meminati produk berbahan baku polimer. Banyaknya permintaan bahan baku polimer menyebabkan ketersediaan bahan baku terbatas. Hal ini yang mendorong manusia membuat bahan baku sintesis dengan material baru yang memiliki kualitas yang hampir sama dengan polimer asli.

Sintesis berbagai jenis bahan polimer dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam mendapatkan material baru adalah pemanfaatan bahan yang berasal dari tumbuhan atau serat organik. Sepanjang peradaban manusia, penggunaan serat alam sebagai salah satu material pendukung kehidupan. Dalam penggunaannya polimer sintesis berbahan serat dapat menggantikan logam, kayu, kulit dan bahan alami lainnya dengan berbagai keunggulan seperti: harga yang jauh lebih murah, ramah lingkungan, dan beberapa diantaranya merupakan optimalisasi produk limbah yang belum dimanfaatkan.

Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat. Seiring dengan perkembangan ini, kebutuhan material untuk sebuah produk industri juga meningkat. Analisis ilmu material khususnya di bidang polimer pada hakikatnya terus berkembang seiring dengan usaha manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup dengan memanfaatkan pengolahan bahan dan teknologi. Material polimer sebagai bahan baku banyak digunakan karena banyak sekali masyarakat yang meminati produk berbahan baku polimer. Banyaknya permintaan bahan baku polimer menyebabkan ketersediaan bahan baku terbatas. Hal ini yang mendorong

manusia membuat bahan baku sintesis dengan material baru yang memiliki kualitas yang hampir sama dengan polimer asli.

Sintesis berbagai jenis bahan polimer dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam mendapatkan material baru adalah pemanfaatan bahan yang berasal dari tumbuhan atau serat organik. Sepanjang peradaban manusia, penggunaan serat alam sebagai salah satu material pendukung kehidupan. Dalam penggunaannya polimer sintesis berbahan serat dapat menggantikan logam, kayu, kulit dan bahan alami lainnya dengan berbagai keunggulan seperti: harga yang jauh lebih murah, ramah lingkungan, dan beberapa diantaranya merupakan optimalisasi produk limbah yang belum dimanfaatkan.

Salah satu produk berbahan baku sintesis polimer yang umum digunakan adalah pipa. Komponen pipa harus dibuat berdasarkan spesifikasi, standar yang terdaftar dalam simbol dan kode yang telah dibuat atau dipilih sebelumnya. Kekuatan dan kelenturan bahan harus dapat diperhitungkan agar menghasilkan kualitas pipa yang baik. Keterbatasan bahan baku pipa yang merupakan polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi menyebabkan dikembangkannya material komposit. Komposit adalah bahan kombinasi antara dua atau lebih komponen atau material yang memiliki sejumlah sifat yang tidak dimiliki masing-masing komponen tersebut. Komposit dari serat alami yang kini mulai dikembangkan adalah serat tebu, serat nanas, dan serbuk cangkang kelapa sawit.

Serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kalapa sawit merupakan beberapa bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai penguat pada pembuatan komposit. Serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kalapa sawit mulai dikembangkan penggunaannya karena selain mudah didapat juga dapat mengurangi limbah lingkungan sehingga komposit ini mampu mengurangi permasalahan lingkungan.

Serat tebu merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan. Pengembangan serat tebu sebagai material komposit sangat dimaklumi mengingat sari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah karena Indonesia yang terletak di kawasan tropis dengan sebagian

penduduknya masih bercocok tanam (agraris), merupakan salah satu Negara penghasil tebu terbesar. Dengan luas lahan mencapai 373.816 ha pada tahun 2005 dapat menghasilkan tebu sebanyak 84,91 ton/ha, dan proses pengolahan keseluruhan tebu tersebut menjadi gula dihasilkan 90%, ampas tebu. Selama ini pemanfaatan ampas tebu yang dihasilkan masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, pupuk, particle board, bahan bakar boiler di pabrik gula. Di samping terbatas, nilai ekonomi yang diperoleh juga belum tinggi, oleh karena itu diperlukan adanya proses teknologi sehingga terjadi diversifikasi pemanfaatan lahan pertanian yang ada, salah satunya pembuatan komposit serat (Adyanto Eko Prasetyo, 2006).

Serat nanas adalah satu jenis serat yang berasal dari pertumbuhan panjang daun dan sifat atau *characteristic* dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan pirip sutera (*strong, fine and silky fibre*). Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun. Daun nanas tidak mempunyai tulang daun, adanya serat-serat dalam daun nanas tersebut akan memperkuat daun nanas hijau yang masih segar akan dihasilkan kurang lebih sebanyak 2,5% sampai 3,5% serat daun nanas. Oleh karena itu, untuk mendapatkan serat yang kuat, halus dan lembut perlu dilakukan pemilihan pada daun-daun nanas yang cukup dewasa yang pertumbuhannya sebagian terlindung dari sinar matahari. Dengan adanya jenis perekat pada serat daun nanas ini, dapat digunakan sebagai bahan penguat pipa.

Serbuk cangkang kelapa sawit adalah adalah bahan baku pembuatan *Carbon Black*. Para peneliti sekarang sedang memfokuskan penelitian untuk mengembangkan bahan pengisi yang bersifat menguatkan untuk mengganti *Carbon Black* dalam pembuatan komposit polimer. *Carbon Black* yang terbuat dari minyak bumi, sumbernya mulai terbatas serta dapat menyebabkan polusi dan indikasi karsinogenik. Dengan alasan ini kemudian dicari bahan sebagai alternatif antara lain adalah serbuk cangkang kelapa sawit. Penelitian yang terkait dengan penelitian ini seperti telah dilakukan oleh Sari, N.H dan Taufan A. (2011) dengan

menggunakan serat *hybrid* batang kelapa/ serat gelas sebagai penguat komposit urea formaldehyde yang dibuat secara hand layup dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada fraksi volume serat 10%:20% memiliki kekutan impact rata-rata tertinggi sebesar 7419.42 J/m² dan kekuatan impact rata-rata terendah pada variasi fraksi volume 15% :15% dan 20% :10% berturut-turut sebesar 553.33 J/m² and 5014.33 J/m². Selanjutnya kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada variasi fraksi volume 15%:15% yaitu sebesar 21 N/mm² dan terendah dimiliki oleh fraksi volume 10s%:20% dan 20%:10% masing-masing sebesar 19N/mm² dan 17 N/mm².

Berdasarkan uraian di atas maka timbul pemikiran untuk menganalisis sifat kekuatan tekan serat alami untuk memperkuat pipa. Penelitian inii dilakukan untuk menganalisis kekuatan tekan serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kalapa sawit untuk mendapatkan data kemampuan mekanik berupa kekuatan tekan sebagai bahan penguat pipa.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, dapat dijelaskan indentifikasi masalah di dalam penelitian ini meliputi:

1. Analisis kekuatan tekan dilakukan terhadap serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kalapa sawit.
2. Analisis kekuatan tekan dilakukan terhadap spesimen dilakukan untuk mencari modulus elastisitas, tegangan normal dan regangan.
3. Pengujian tekan akan dilakukan pada spesimen serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kalapa sawit untuk mencari perbandingan spesimen komposit bahan penguat pipa yang memiliki kekuatan tekan tertinggi.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup diperlukan agar penelitian ini dapat mengarah serta mengena pada sasaran yang diinginkan. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada: Analisis kekuatan tekan komposit diperkuat serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kalapa sawit pada pipa.

1.4 Rumusan Masalah

Setelah batasan masalah ditentukan, selanjutnya dapat ditentukan beberapa rumusan masalah yang akan dipilih. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kekuatan tekan komposit yang diperkuat serat tebu pada pipa ?
2. Bagaimanakah kekuatan tekan komposit yang diperkuat serat nanas pada pipa ?
3. Bagaimanakah kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk cangkang kelapa sawit pada pipa ?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghitung kekuatan tekan komposit yang diperkuat serat tebu pada pipa
2. Menghitung kekuatan tekan komposit yang diperkuat serat nanas pada pipa
3. Menghitung kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk cangkang kelapa sawit pada pipa

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini dapat dijadikan pedoman bagi studi kasus lainnya berkaitan dengan uji tekan pipa komposit dengan menggunakan bahan serat alami lainnya.

2. Bagi Universitas

Penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya dengan menggunakan metode atau masalah yang sama. Hasil penelitian ini juga dapat mengembangkan ilmu pengetahuan yang dapat mendukung terciptanya penemuan pipa komposit yang memiliki kekuatan tekan yang baik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Komposit adalah struktur material yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika. Komposit digabung pada skala makroskopik untuk membentuk material baru yang lebih bermutu. Pencampuran kedua material yang berbeda sifat tersebut dapat memberikan material yang lebih unggul dari material sebelumnya. Komponen komposit terdiri dari penguat dan matrik. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada alloy/ paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik. Bentuknya ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek. Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu matrik dan penguat. Di dalam penelitian ini digunakan resin sebagai matriknya, sedangkan katalis mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan resin.

2.1.1 Resin dan Katalis

2.1.1.1 Resin

Resin adalah eksudat (getah) yang dikeluarkan oleh banyak jenis tumbuh-tumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjung (*konifer*). Getah ini biasanya membeku, lambat atau segera dan membentuk massa yang keras dan sedikit banyak dan transparan. Resin dipakai orang terutama sebagai bahan pernis, perekat, pelapis makanan (agar mengkilat), bahan campuran dupa dan parfum serta sebagai sumber bahan mentah bagi bahan-bahan organik olahan.

Menurut Boer dan Ella (2000) Resin merupakan campuran berbagai senyawa polimer alam yang disebut terpenin, berbentuk padat atau semi padat. Resin mudah larut dalam pelarut organik tetapi tidak larut dalam air. Resin alam

merupakan resin yang tereksudasi secara alami dan keluar secara alami maupun buatan. Resin yang tereksudasi secara alamiah mengandung campuran antara gum dan minyak atsiri. Resin alam memiliki bentuk berupa padatan, berwarna mengkilap dan bening kusam, rapuh, meleleh bila kena panas dan mudah terbakar (Sedtler et al, 1975).

Larasati (2007) mengklarifikasikan resin alam sebagai berikut :

1. Damar, yaitu golongan resin yang memiliki bilangan asam rendah dan dapat larut dalam minyak serta pelarut organik, contohnya adalah damar mata kucing.
2. Golongan resin yang termasuk dalam resin semi fosil, jenis ini juga dapat larut dalam minyak serta pelarut organik, contoh golongan resin ini adalah damar resak, damar biru, dan damar hitam.
3. Kopal, yaitu golongan resin yang memiliki bilangan asam lebih tinggi dibandingkan damar, resin ini dihasilkan dari jenis pohon damar (*Agathis sp*) yang tergolong dalam famili *Araucariaceae*. Jenis-jenis resin yang lain seperti gondorukem, shellac, dan balsam.

2.1.1.2 Katalis

Katalis berperan terhadap suatu reaksi tapi bukan sebagai pereaksi. Katalis merupakan suatu senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi tetapi tidak dikonsumsi oleh reaksi. Katalis digunakan secara luas baik di alam, laboratorium dan industri. (Shriver, D. & Atkins, P., 1999)

Katalis yang berada pada fase yang sama (*liquid*) dengan reaktan disebut sebagai katalis homogen. Sedangkan katalis yang berada pada fase yang berbeda dengan reaktannya (dapat berupa padatan, cairan yang tidak dapat bercampur ataupun gas) disebut sebagai katalis heterogen (Helwani, Z. 2009).

a. Katalis Homogen

Katalis homogen terdiri atas dua jenis yaitu katalis asam homogen dan katalis basa homogen. Katalis yang umum digunakan dalam reaksi

transesterifikasi yaitu KOH dan NaOH. Penggunaan katalis ini menimbulkan masalah pada proses pemisahan produk reaksi sehingga menghasilkan limbah pencucian dalam jumlah yang besar. Di samping itu, katalis basa bekerja dengan baik pada batas asam lemak bebas (ALB) < 0,5%. Jika bahan baku mengandung ALB tinggi, akan terjadi reaksi antara katalis dengan asam lemak bebas membentuk sabun. (Shu, 2010).

Katalis asam homogen yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi misalnya H₂SO₄, HCl, dan H₃PO₄. Akan tetapi penggunaan katalis ini memerlukan waktu reaksi yang lama, menyebabkan korosi pada reaktor yang digunakan, rasio molar alkohol dengan minyak harus besar serta memerlukan suhu yang tinggi (Helwani, 2009).

b. Katalis Heterogen

Katalis heterogen terdiri atas dua jenis yaitu katalis heterogen yang bersifat asam dan katalis heterogen yang bersifat basa. Beberapa katalis heterogen telah disintesis baik yang bersifat asam maupun basa. Katalis basa heterogen yang paling umum digunakan adalah senyawa oksida logam seperti logam alkali, alkali tanah sebagai katalis transesterifikasi minyak nabati. Oksida logam alkali tanah (MgO, CaO, SrO, dan BaO) dikenal sebagai oksida logam tunggal (*single metal oxides*) (Endalew, A., 2011). Veljkovic (2009) telah menggunakan CaO pada reaksi transesterifikasi minyak bunga matahari dengan *yield* 98%.

Katalis basa heterogen juga dapat berupa pencampuran atau pendopongan oksida logam untuk meningkatkan kebasaannya seperti logam Na, Li, dan K yang didoping pada CaO, MgO dan BaO pada reaksi transesterifikasi minyak lobak dengan *yield* 96,7% (D'Cruz, 2007) dan oksida campuran antara Na, Li, dan La₂O₃ untuk transesterifikasi minyak kacang tanah menghasilkan metil ester asam lemak dengan *yield* > 99% (Singh dan Fernando 2009).

Selain katalis basa heterogen, katalis asam heterogen juga telah banyak digunakan untuk mengkatalisis reaksi transesterifikasi. Drelinkiewicz, A (2014) telah mensintesis asam polianilin sulfonat sebagai katalis transesterifikasi dan esterifikasi menghasilkan biodiesel yang menunjukkan kereaktifan dan kestabilan katalis yang tinggi (Drelinkiewicz, A., 2014). Garcia, C (2008) telah

berhasil menggunakan zirkonium sulfat sebagai katalis transesterifikasi minyak kacang kedelai dengan metanol dan etanol dengan *yield* 98,6% (metanolisis) dan 92% (etanolisis). Katalis senyawa karbon dengan basis sulfonat menjadi katalis yang paling diminati saat ini karena memiliki gugus $-SO_3H$ dengan kerangka karbon yang stabil sehingga mudah dipisahkan dari sistem reaksi (Kang, S., 2013).

Katalis heterogen memiliki keuntungan dibandingkan dengan katalis homogen yaitu: mudah dipisahkan dari produk reaksi, lebih tahan terhadap asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan baku tanpa melalui reaksi saponifikasi sehingga memungkinkan untuk melakukan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi sekaligus dengan bahan baku yang mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi, baik bahan baku yang berasal dari hewan maupun yang berasal dari tumbuhan. (Drelinkiewicz, A., 2014).

c. Katalis Enzim

Reaksi transesterifikasi secara enzimatik mencegah terbentuknya sabun, reaksi terjadi pada pH netral, suhu reaksi yang lebih rendah sehingga lebih bersifat ekonomis. Beberapa metode secara enzimatik bertujuan untuk memecah ikatan kovalen, ikatan silang (*cross linking*) dan enkapsulasi mikro. Lipase merupakan enzim yang paling banyak digunakan pada reaksi transesterifikasi, karena harganya lebih murah dibandingkan dengan enzim yang lain dan mampu mengkatalisis baik reaksi hidrolisis maupun transesterifikasi trigliserida dalam kondisi biasa untuk menghasilkan biodiesel (Semwal, S., 2010).

Macario (2009) telah melakukan enkapsulasi enzim lipase (*Rhizomucor miehe lipase*). Enzim tersebut dienkapsulasi di dalam fase micellar dari surfaktan yang mengandung silika. Biokatalis yang dienkapsulasi telah digunakan untuk reaksi transesterifikasi triolein dengan metanol dalam kondisi bebas pelarut. Metil ester asam lemak yang dihasilkan dengan *yield* 77% dengan waktu reaksi selama 96 jam dan suhu 40°C (Macario, 2009).

Penggunaan katalis enzim dalam reaksi transesterifikasi memiliki permasalahan yaitu selain harga enzim yang mahal juga adanya asam lemak bebas pada bahan baku yang bereaksi dengan alkohol rantai pendek (seperti metanol dan etanol) menyebabkan enzim terdenaturasi. Gliserol sebagai salah

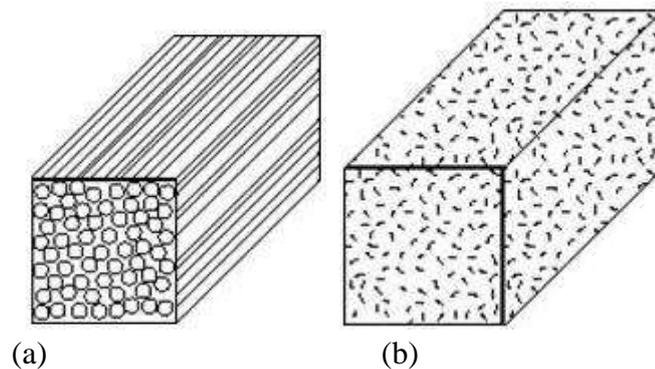
satu produk reaksi, memberi efek negatif pada enzim yang digunakan (Lou, 2008).

2.1.2 Klasifikasi Material Komposit

Menurut Kristiantoro (2009) komposit dibedakan menjadi 5 kelompok berdasarkan bentuk struktur dari penyusunnya, yaitu :

1) Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

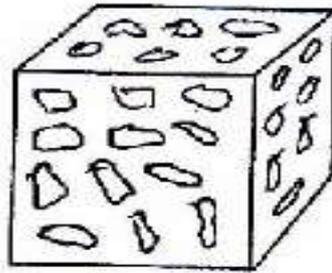
Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*). Komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan industri pesawat terbang. Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur Kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dan arah serat yang berbeda menjadikan komposit diperkuat serat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian (Gibson, 1994). Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 *fiber composites* : (a) *unidirectional fiber composite*, (b) *random fiber composite* (Gibson, 1994)

2) Komposit Serpih (*Flake Composites*)

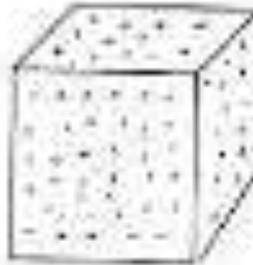
Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih ke dalam matriknya. *Flake* dapat berupa serpihan mika, glass, dan metal, yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komposit Serpih (*flake composite*) (Schwartz, 1984)

3) Komposit Butir / Partikel (*Particulate Composites*)

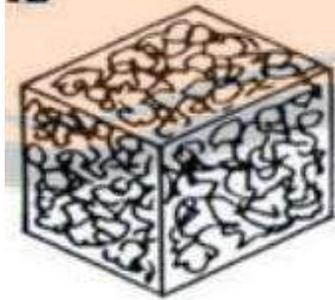
Particulate Composites adalah salah satu jenis komposit dimana dalam matrik ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahnya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol daripada *flake composites*. Sebagai contoh adalah beton, yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komposit butir/partikel (*Particulate Composites*) (Schwartz, 1984)

4) *Filled (Skeletal) Composites*

Filled (Skeletal) Composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matrik dengan struktur tiga dimensi dan biasanya *filler* juga dalam bentuk tiga dimensi, yang ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 *Filled (Skeletal) Composites* (Tantra, 2015)

2.2. Serat Alam

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekutan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran Kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material. Dilihat dari jenisnya, serat dibagi menjadi dua yaitu serat alam (*nature fiber*) dan serat sintetik atau buatan.

Serat alam adalah serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan berbentuk seperti benang. Untuk mendapatkan bentuk serta diperlukan beberapa tahap pemrosesan bergantung dengan karakter bahan dasarnya. Jenis-jenis serat dari tumbuhan antara lain berbahan kapas, pelepah pisang, enceng gondong, rami, daun nanas, tebu dan sebagainya. Sedangkan serat dari hewan misalnya wol, sutera dan bulu burung.

Menurut Kirby (1963) serat alam yang berasal dari binatang antara lain wol, sutera, cashmere, ilama dan camel hair. Serat yang berasal dari bahan baku tambang, missal serat asbes. Sedangkan serat yang berasal dari tumbuhan dapat dikelompokkan lagi sesuai dengan asal serat diambil. Serat yang diambil dari biji (*seed fibres*), missal serat cotton dan kapok. Serat yang diambil dari batang (*bast fibres*), missal serat jute, flax, hemp, dan rame. Serat yang diambil dari daun (*leaf fibres*), missal abaca, henequen, sisal, daun nanas dan lidah mertua. Secara kimiawi, semua serat yang berasal dari tumbuhan unsure utama yang ada dalam serat adalah cellulose, meskipun unsure-unsur lain yang jumlahnya bervariasi juga terdapat di dalamnya, seperti hemicelullose, lignin, pectin, ash, waxes, dan zat-zat lainnya.

2.2.1. Serat Tebu

Serat tebu (*baggage*) adalah campuran dari serat yang kuat, dengan jaringan dari *Parenchyma* yang lembut, yang mempunyai tingkat higroskopis yang tinggi, dihasilkan melalui penggilingan tebu. Pada proses penggilingan tebu, terdapat 5 kali proses penggilingan tebu dari batang tebu sampai menjadi serat tebu, dimana pada hasil penggilingan pertama dan kedua dihasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan, kemudian pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima menghasilkan nira dengan volume yang berbeda-beda. Setelah gilingan terakhir menghasilkan ampas tebu kering. Pada proses penggilingan pertama dan kedua dihasilkan ampas tebu basah. Hasil dari ampas tebu gilingan kedua ditambahkan susu kapur 3 Be yang berfungsi sebagai senyawa yang menyerap nira dari serat ampas tebu sehingga pada penggilingan ketiga nira masih dapat diserap meskipun volumenya masih sedikit dari gilingan kedua. Penambahan senyawa ini dilakukan pada penggilingan ketiga, keempat, dan kelima dengan volume yang berbeda-beda. Semakin sedikit nira dalam serat ampas tebu, semakin sedikit susu 3 Be yang ditambahkan.



Gambar 2.6 Serat Alam dari Ampas Tebu

Celulosa, hemicelulosa, pentason dan *lign* merupakan struktur pembentuk serat ampas tebu, komposisinya dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.1 Struktur Penyusun Serat Tebu

Senyawa Kimia	Jumlah %
<i>Celulosa</i>	28 - 43 %
<i>Hemicelullosa</i>	14 - 23 %
<i>Pentosans</i>	20 - 33 %
<i>Lignin</i>	13 - 22 %

2.2.2 Serat Daun Nanas

Serat daun nanas (*pineapple leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari pertumbuhan panjang daun dan sifat atau characteristic dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus dan mirip sutera (*strong, fine and silky fibre*). Menurut Doraiswamy (1993) beberapa varietas nanas yang ditanam di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Jenis Varietas Nanas di Indonesia

Valetas Nanas	<i>Physical Characteristics</i>		
	<i>Length (cm)</i>	<i>Width (cm)</i>	<i>Thickness (cm)</i>
<i>Assam Local</i>	75	4.7	0.21
<i>Cayenalisa</i>	55	4.0	0.21
<i>Kallara local</i>	56	3.3	0.22
<i>Kew</i>	73	5.2	0.25
<i>Mauritius</i>	55	5.3	0.18
<i>Pulimath local</i>	68	3.4	0.27
<i>Smooth cayenne</i>	58	4.7	0.21
<i>Valera moranda</i>	65	3.9	0.23

Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Di antara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun. Karena daun nanas tidak mempunyai tulang daun, adanya serat-serat dalam daun nanas tersebut akan memperkuat daun nanas saat pertumbuhannya. Dari berat daun nanas hijau yang masih segar akan menghasilkan kurang lebih sebanyak 2,5 sampai 3,5 % serat-serat daun nanas.

Pengambilan serat daun nanas pada umumnya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan tangan (*manual*) ataupun dengan peralatan decorticator (Kirby, 1963). Cara yang paling umum dan praktis adalah dengan proses waer retting dan scraping atau secara manual. Water retting adalah proses yang dilakukan oleh micro-organisme (*acterial action*) untuk memisahkan atau membuat busu zat-zat perekat (*gummy substances*) yang berada di sekitar serat daun nanas, sehingga serat akan mudah terpisah dan terurai satu dengan lainnya. Proses retting dilakukan dengan cara memasukkan daun-daun nanas ke dalam air dalam waktu tertentu. Karena

water retting pada dasarnya adalah proses *micro-organismes*, maka beberapa faktor sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses ini, antara lain : kondisi dari *retting water*, pH air, temperatur, cahaya, perubahan kondisi lingkungan, aeration, micro-nutrients, jenis bakteri yang ada dalam air, dan lamanya proses.

Daun-daun nanas yang telah mengalami proses *water retting* kemudian dilakukan pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan plat atau pisau yang tidak tajam untuk menghilangkan zat-zat yang masih menempel atau tersisa pada serat, sehingga serat-serat daun nanas akan lebih mudah terurai. Serat-serat tersebut kemudian dicuci dan dikeringkan. karena dilakukan dengan tangan, proses *water retting* dan terutama proses *scraping* diperlukan keahlian dan kesabaran seseorang untuk mengerjakannya. Penelitian menunjukkan kadang proses *water retting* ini akan menghasilkan warna serat daun nanas yang kecoklatan akibat adanya proses *micro-organismes* yang tumbuh pada serat tersebut, pada umumnya dikenal dengan istilah *rust* atau karat (Kirby, 1963).



Gambar 2.7 Serat Alam dari Daun Nanas

Komposisi struktur penyusun dalam serat nanas adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Struktur Penyusun Serat Nanas

Komposisi	Jumlah %
<i>Alpha Selulosa</i>	69,5 – 71,5
<i>Pentosan</i>	17,0 – 17,8
<i>Lignin</i>	4,4 – 4,7
<i>Pectin</i>	1,0 – 1,2

<i>Lemak dan Wax</i>	3,0 – 3,3
<i>Abu</i>	0,71 – 0,87
Zat-zat lain (protein, asam organik,dll)	4,5 – 5,3

2.2.3 Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

Serbuk cangkang kelapa sawit merupakan bahan alternative pengganti *Carbon Black* yang terbuat dari minyak bumi. Luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia tahun 2015 mencapai 10.701.436 Ha, dengan rincian perkebunan kelapa sawit rakyat 4.810.271 Ha, perkebunan kelapa sawit BUMN 704.094 Ha dan perkebunan kelapa sawit swasta 5.207.071 Ha, dengan total produksi Tandan Buah Segar (TBS) adalah 30.948.931 ton TBS. Menurut Pardamaian (2008) basis satu ton Tandan Buah Segar Kelapa Sawit (TBS), akan menghasilkan 20 % - 23 % CPO, 5 % - 7 % PKO dan sisanya berupa limbah padat, yaitu 20 % - 23 % tandan kelapa sawit, 10 % - 12 % serat buah kelapa sawit dan 7 % - 9 % cangkang kelapa sawit.

Menurut Naibaho (1996) setiap Pabrik Kelapa Sawit (PKS) selalu dilengkapi dengan boiler sebagai generator uap yang digunakan untuk keperluan proses produksi dan menggerakkan turbin uap sebagai pembangkit tenaga listrik dalam rangka menjalankan mesin-mesin pengolahan CPO, penerangan dan lainnya. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler adalah limbah padatnya, yaitu serat buah sawit dan cangkang kelapa sawit. Konsumsi bahan bakar untuk boiler PKS dengan kapasitas olah 30 tonTBS/jam adalah 3,8 ton/jam serat buah kelapa sawit dan 1,5 ton cangkang kelapa sawit. Dari proses produksi PKS dengan kapasitas 30 ton TBS per jam akan diperoleh limbah padatnya adalah 3,0 ton - 3,6 ton serat buah sawit dan 2,1 ton – 2,7 ton cangkang kelapa sawit, atau kalau dirata-ratakan sekitar 2,4 ton cangkang kelapa sawit.

Percobaan pembuatan serbuk arang cangkang kelapa sawit dilaksanakan dengan metode penyangraian. Secara berurut prosesnya dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 2.8 Proses Pembuatan Serbuk Cangkang Kelapa Sawit



Gambar 2.9 Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

2.3. Pengujian Kuat Tekanan

Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Kekuatan tekan dapat diukur dengan memasukkannya ke dalam kurva tegangan-regangan dari data yang didapatkan dari mesin uji. Beberapa bahan akan patah pada batas tekan, beberapa mengalami deformasi yang tidak dapat dikembalikan. Deformasi tertentu dapat dianggap sebagai batas kekuatan tekan, meski belum patah, terutama pada bahan yang tidak dapat kembali ke kondisi semula (*irreversible*). Pengetahuan mengenai kekuatan tekan merupakan kunci dalam mendesain sebuah struktur.

Pengujian tekan bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan perlakuan memberikan beban tekan secara perlahan sampai material komposit mengalami remuk atau retak. Hubungan antara tegangan,

regangan dan modulus elastisitas dapat diketahui melalui slope garis linier. Sehingga secara matematis, nilai modulus elastisitas akibat beban static dapat ditulis dengan menggunakan persamaan (1) ditentukan dengan rumus sebagai berikut : (Notario & Pinto, 2015)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1) \text{ Modulus Elastisitas}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (Pa)
 σ = Tegangan normal (Pa)
 ε = Regangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2) \text{ Tegangan}$$

Dimana :

σ = Kekuatan Tekan (N/mm^2)
F = Beban Tekan (N)
 A_0 = Luas penampang mula-mula (mm^2)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \left(\frac{l - l_0}{l_0} \right) \quad (3) \text{ Regangan}$$

Dimana :

Δl = Perubahan panjang yang terjadi
 l_0 = Panjang awal (mula-mula)
l = Panjang akhir

Atau

$$\varepsilon = \frac{x}{l} \quad (4)$$

Dimana:

X = Pukulan / kejutan
l = Panjang akhir

Dengan mensubstitusikan persamaan (1) dan (2) ke dalam persamaan (4) maka diperoleh:

$$\Delta l = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot E} \quad (5)$$

2.4. Kerangka Konseptual

Material polimer sebagai bahan baku banyak digunakan karena banyak sekali masyarakat yang meminati produk berbahan baku polimer. Banyaknya permintaan bahan baku polimer menyebabkan ketersediaan bahan baku terbatas. Hal ini yang mendorong manusia membuat bahan baku sintesis dengan material baru yang memiliki kualitas yang hampir sama dengan polimer asli.

Keterbatasan bahan baku pipa merupakan polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi menyebabkan dikembangkannya material komposit. Komposit adalah bahan kombinasi antara dua atau lebih komponen atau material yang memiliki sejumlah sifat yang tidak dimiliki masing-masing komponen tersebut. Komposit dari serat alami yang kini mulai dikembangkan adalah serat tebu, serat nanas, dan serbuk cangkang kelapa sawit.

Serat tebu merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan. Pengembangan serat tebu sebagai material komposit sangat dimaklumi mengingat sari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah.

Serat nanas adalah satu jenis serat yang berasal dari pertumbuhan panjang daun dan sifat atau *characteristic* dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan piprip sutera (*strong, fine and silky fibre*).

Penguat serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan penguat pembentuknya.

Serbuk cangkang kelapa sawit adalah adalah bahan baku pembuatan *Carbon Black*. *Carbon Black* yang terbuat dari minyak bumi, sumbernya mulai terbatas serta dapat menyebabkan polusi dan indikasi karsinogenik. Dengan alasan ini kemudian dicari bahan sebagai alternatif antara lain adalah serbuk cangkang kelapa sawit.

Berdasarkan uraian di atas maka timbul pemikiran untuk menganalisis sifat kekuatan tekan serat alami untuk memperkuat pipa. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan tekan serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit untuk mendapatkan data kemampuan mekanik berupa kekuatan tekan sebagai bahan penguat pipa.

2.5. Penelitian Terdahulu

Buarque & d'Almeida, (2007) menerangkan pengaruh cacat silinder pada kekuatan tarik serat kaca / *vinil-ester* pipa komposit. Sifat ditentukan dengan menggunakan uji cincin. Jari-jari dan kedalaman cacat yang bervariasi, dan hasil yang diperoleh dengan menggunakan analisis varians antara kelompok (ANOVA). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa cacat terletak di permukaan luar dari pipa kaca serat.

Guedes, (2006) Menjelaskan metodologi standar untuk sistem perpipaan plastik menentukan untuk mengevaluasi dan menilai perilaku mekanik dari kaca plastik yang diperkuat serat tabung, dengan menerapkan gaya kompresi. Metode ini disajikan untuk menganalisis tekanan dan defleksi pipa silinder laminasi, isotropik melintang, di bawah kondisi pembebanan melintang dengan asumsi bahwa rasio ketebalan setiap lapis untuk radius permukaan tengahnya diabaikan. Pendekatan teoritis dikembangkan diturunkan menjadi sederhana merumuskan namun cukup akurat dibandingkan dengan Simulasi FEM.

Jones, (1975) *Mechanics of Composite Materials*. Menjelaskan bahwa definisi dari komposit dalam lingkup ilmu material merupakan gabungan antara dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat. Komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fibre*) sebagai *reinforcement* atau penguat dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matriks. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Serat berfungsi untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matrik berfungsi untuk mengikat serat, melindungi, dan meneruskan gaya antar serat.

Rendy Dwi, (Rendy Dwi, (2014). Menjelaskan tentang komposit serat batang pisang yang ditreatment menggunakan *KmNO4* dan di uji tarik menggunakan perubahan temperatur yang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi 40,397 N/mm² pada temperatur 35⁰ C . Pada hasil foto makro terlihat struktur patahan spesimen komposit yaitu bergelombang tidak beraturan ini berarti spesimen komposit mempunyai sifat liat.

Yan, dkk (2014) Menjelaskan serat rami adalah bahan hemat biaya yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai penguat dalam komposit. Serat rami dengan termoplastik, termoset dan *biodegradable matriks polymer* menunjukkan sifat mekanik yang menjanjikan. Pemilihan proses manufaktur yang sesuai dan fisik modifikasi/kimia dapat meningkatkan sifat mekanik komposit rami. Komposit rami memiliki potensi untuk menjadi generasi berikutnya bahan untuk aplikasi struktural untuk infrastruktur, otomotif industri dan konsumen aplikasi.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini menggunakan serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit sebagai penguat dalam pembuatan pipa komposit. Penelitian ini akan menganalisis kekuatan tekan serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit sebagai penguat dalam pembuatan pipa.

2.6. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan pada latar belakang dan kajian teoretis, langkah selanjutnya adalah menentukan pertanyaan penelitian. Pertanyaan

penelitian bertujuan untuk mempersempit wilayah kerja penelitian. Pertanyaan penelitian ini adalah "Bagaimanakah hasil analisis kekuatan tekan serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit sebagai penguat pipa?".

BAB 3 METODE PENELITIAN

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) yang beralamat di jalan Mochtar Basri No.3 Glugur Darat I, Kecamatan Medan Timur Kota Medan, Sumatera Utara 20238.

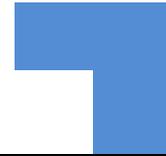
Waktu penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan yaitu mulai bulan Oktober 2020 hingga Maret 2021 seperti ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	2020 - 2021					
		Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi literature						
3	Pembuatan cetakan pipa						
4	Penyiapan alat dan bahan						
5	Pembuatan Spesimen Uji Tekan						

6 Pengujian Spesimen

7 Penyelesaian
Skripsi



1.8 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium sebagai metode utamanya dalam mengumpulkan data. Data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut adalah berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam eksperimen yang dilakukan. Eksperimen pengujian dilakukan terhadap beberapa spesimen komposit berupa serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit.

1.8.1 Alat

1. Alat Uji Universal Testing Machine (UTM)

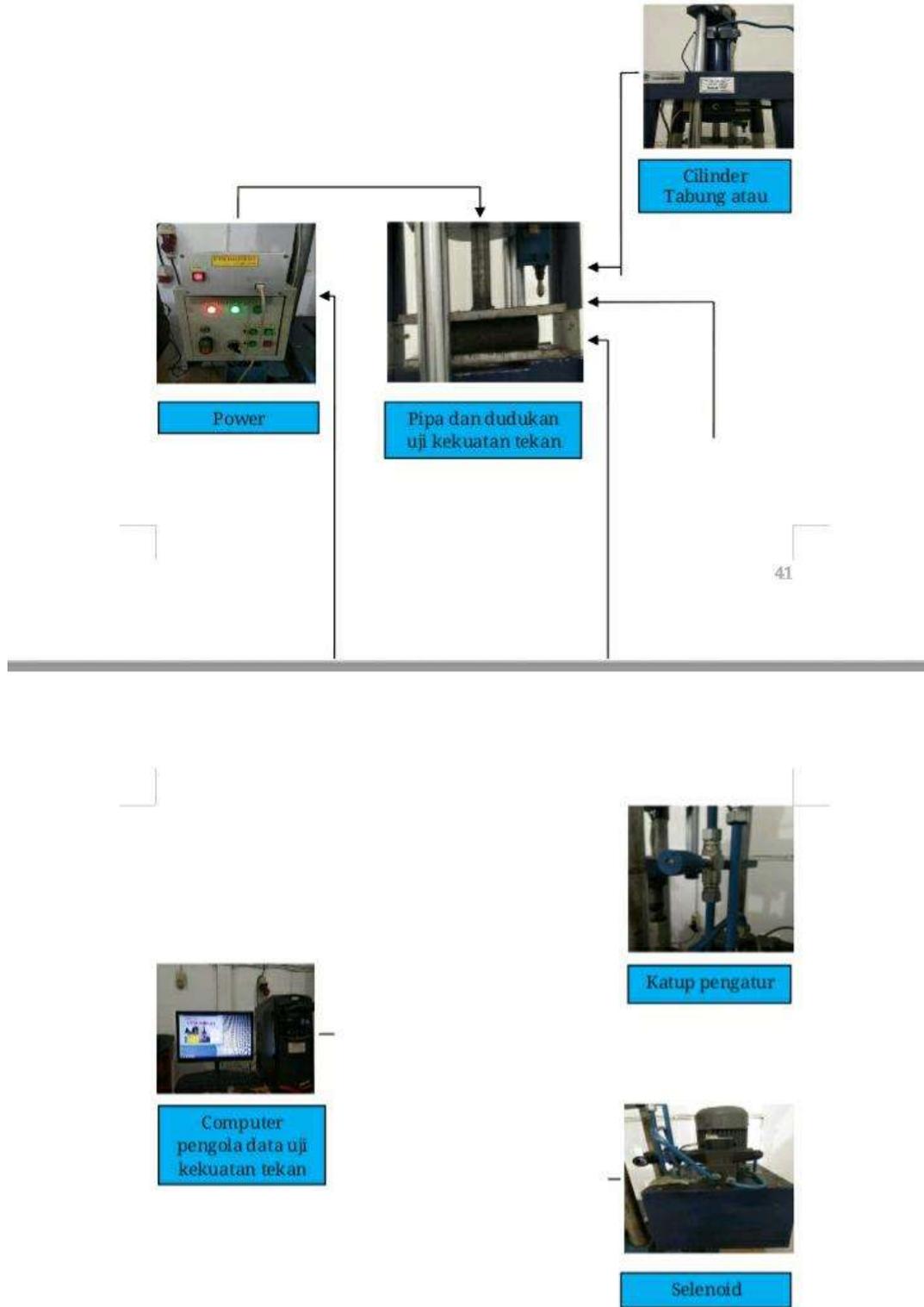
Alat uji Universal Testing Machine (UTM) adalah sebuah mesin yang digunakan untuk pengujian tegangan tarik dan kekuatan tekan pada bahan atau material yang akan diuji. Alat uji universal testing machine ditunjukkan pada gambar 3.1



Spesifikasi Universal Testing Machine:	WAW-1000C
Maks. Kapasitas (kN)	1000
Kesalahan relatif membaca	± 1%
Rentang pengukuran	2% -100% dari FS
Metode penjepitan	Klem hidrolik
Rentang penjepit spesimen bulat (mm):	Ø12-Ø60
Rentang penjepitan spesimen datar (mm):	0-55
Lebar penjepit spesimen datar (mm)	70
Maks. Ruang uji tegangan (mm)	600
Maks. Ruang uji tekan (mm)	500
Muat dimenal bingkai (termasuk piston-stroka) (mm)	1200 x 780 x 2850
Daya motor (kW)	6
Muat berat kerangka (kg)	4270
Jm kolom (mm)	650
Ukuran komposisi pelat (mm)	Ø160
Bilah penggulung bending (mm)	800
Lebar bending rol (mm)	140
Bentuk melengkung yang diijinkan (mm)	150
Ketegangan Maks. piston (mm)	250
Kecepatan maks. Piston (mm / menit)	Kira kira. 50
Kecepatan maks. crosshead (mm / menit)	Sekitar 150
Sumber Daya listrik	380V, 50 / 60Hz, 3-fasa

Gambar 3.1 Universal Testing Machine (UTM)

Definisi Dari Mesin Uji Kekuatan Tekan UTM



Gambar 3.2 Definisi Alat Uji Tekan Universal Testing Machine (UTM)

2. Pipa



Gambar 3.3 Skema Batang Uji

Batang uji yang digunakan berasal dari 3 jenis serat alam yaitu serta tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit dengan ukuran yang berbeda-beda.



Gambar 3.4 Bentuk batang Uji

Batang uji dari serat tebu memiliki ukuran dengan diameter 26,50 mm, batang uji dari serat nanas memiliki ukuran dengan diameter 35,52 mm, dan batang uji dari serbuk cangkang kelapa sawit memiliki ukuran 35,50 mm.

3. Dudukan Alat Uji Tekan

Dudukan alat uji tekan adalah untuk meletakkan spesimen agar tidak goyang atau bergeser saat diuji dan hanya bisa digunakan untuk specimen yang mempunyai permukaan dan alas datar. Dudukan alat uji tekan ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.5 Dudukan Alat Uji Tekan

4. Cetakan Pipa

Cetakan pipa adalah alat yang digunakan sebagai pembentuk adonan pipa agar menjadi bentuk yang diinginkan. Cetakan pipa ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.6 Cetakan Pipa

5. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat untuk mengukur benda keras, panjang, lebar, dan tinggi spesimen. Jangka sorong ditunjukkan pada gambar 3.5



Spesifikasi :
Material : Stainless Steel
Type : 0.02 MM
Accuracy : +/- 0.07 MM
Graduation : 0.02 MM
Jaw Depth : 40 MM
Material : Stainless Steel
Maximum Measurement : 0-150 MM
Item Depth : 40 MM
Measurement Accuracy : +/- 0.05 MM
Overall Length : 229 MM
Range : 0-150 MM
Resolution : 0.05 MM
Size Name : 0-150 MM
Type : Vernier Caliper
Dimension_unit : 33.5 X 14.3 X 3.7 CM
JANGKA SORONG VERNIER CALIPER
TUBE 150/0.02MM 536-161 MITUTOYO
MT0003767 Include PPN

Gambar 3.7 Jangka Sorong

6. Lesung

Lesung atau alu digunakan sebagai alat untuk menghaluskan cangkang sawit agar menjadi serbuk. Lesung/alu ditunjukkan pada gambar 3.6



Gambar 3.8 Lesung/Alu

7. Gunting

Gunting digunakan untuk menggunting atau memotong bahan serat tebu dan serat daun nanas menjadi pendek atau menjadi kecil. Gunting ditunjukkan pada gambar 3.7



3.9 Gunting

8. Gergaji

Gergaji merupakan alat bantu pertukangan yang mudah ditemukan di mana saja. Alat ini biasanya digunakan untuk memotong kayu, besi atau pipa. Pada gambar di atas adalah gergaji yang digunakan untuk memotong pipa uji. Gergaji tersebut tergolong dalam jenis *Hacksaw* yaitu gergaji yang memiliki mata gergaji halus, serta jarak antar mata rapat.



Gambar 3.10 Gergaji

9. Amplas

Amplas biasa disebut juga kertas pasir adalah sejenis kertas yang digunakan untuk membuat permukaan benda-benda menjadi lebih halus. Amplas berfungsi menghaluskan permukaan benda dengan cara menggosokkan salah satu permukaan amplas yang telah ditambahkan bahan yang kasar kepada permukaan tersebut.

Amplas digunakan dalam penelitian ini untuk menghaluskan permukaan pipa uji yang telah dicetak.



Gambar 3.11 Amplas

10. Pipa

Pipa adalah salah satu jenis bahan yang terbuat dari thermoplastik jenis *polyvinyl chloride*. Pipa biasanya digunakan untuk instalasi saluran air bersih bertekanan. Bahan pipa umumnya memiliki bahan yang elastis dan tahan karat, tetapi memiliki kelemahan yaitu mudah getas akibat usia yang lama atau karena paparan sinar UV, matahari.



Gambar 3.12 Pipa

11. Pisau

Pisau cutter atau biasa disebut pisau Stanley adalah alat yang digunakan untuk memotong sebuah benda. Pisau cutter terdiri dari dua bagian utama yaitu bilah pisau dan gagang pisau. Bilah pisau biasa terbuat dari logam pipih yang tepinya dibuat tajam . tepi yang tajam ini disebut mata pisau. Pegangan pisau berbentuk memanjang menyelimuti bilah pisau agar dapat digenggam dengan tangan.



Gambar 3.13 Pisau Cutter

12. Timbangan

Timbangan digital merupakan alat yang digunakan sebagai pengukuran untuk mengukur suatu berat atau beban maupun massa dari suatu zat. Skala digital yang digunakan dengan tujuan agar hasil pengukuran yang lebih akurat dan tepat khususnya pengukuran yang dilakukan di laboratorium.



Gambar 3.14 Penimbang

13. Penggaris/ Mistar

Penggaris atau mistar adalah sebuah alat pengukur atau alat bantu gambar yang digunakan untuk menggambar garis lurus atau untuk mengukur panjang suatu benda yang ukurannya tidak terlalu besar. Penggaris umumnya terbuat dari logam atau plastik. Dalam penelitian ini, digunakan penggaris plastik untuk mengukur panjang pipa uji. Mistar atau penggaris ditunjukkan pada gambar 3.13



3.15 Mistar/ Penggaris

14. Lakban

Lakban adalah selotip yang berukuran besar. Selotip atau lakban adalah sebuah perekat yang terbuat dari plastik. Digunakan untuk menutup atau merekatkan suatu benda.



Gambar 3.16 Lakban

15. Lem Super

Lem super adalah jenis lem yang memiliki daya rekat yang kuat. Lem super sering digunakan untuk mengelem kayu, karet, plastik dan beragam material lain yang tidak bias direkatkan dengan menggunakan lem biasa.



Gambar 3.17 Lem Super

16. Alat Pengaduk

Alat pengaduk yang digunakan adalah obeng dan botol plastik bekas. Alat pengaduk ini digunakan untuk mencampurkan bahan resin dan katalis. Bahan botol plastik digunakan karena bersifat tidak lengket dengan resin yang digunakan.



Gambar 3.18 Alat Pengaduk

1.8.2 Bahan

3. Serat Tebu

Serat Tebu digunakan sebagai bahan utama untuk pembuatan pipa komposit. Serat yang terdapat di dalam serat tebu antara lain, selulosa, hemiselulosa, pentosans dan lignin. Kandungan selulosa pada serat tebu berkisar antara 28-43%. Serat tebu memiliki kualitas serat yang cukup baik. Serat tebu ditunjukkan pada gambar 3.17



Gambar 3.19 Serat Tebu

4. Serat Daun Nanas

Serat daun nanas adalah juga salah satu bahan utama pembuatan pipa komposit. Serat yang terkandung di dalam serat daun nanas antara lain : selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa yang terkandung dalam serat daun nanas berkisar 69,5-71,5%. Serat daun nanas juga memiliki serat yang berkualitas tinggi. Serat daun nanas dapat dilihat pada gambar 3.18



Gambar 3.20 Serat daun nanas

3. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang adalah tempurung. Cangkang kelapa sawit (*palm kernel shell*) sering disebut juga tempurung sawit adalah bagian keras yang terdapat pada buah kelapa sawit. Hampir sama dengan tempurung kelapa yang sering kita jumpai sehari-hari. Bagi industri pengolahan sawit sendiri, cangkang sawit merupakan nilai tambah bagi mereka. Cangkang kelapa sawit dalam dunia industri bisa digunakan sebagai bahan baku arang, sebagai bahan untuk boiler, bahan campuran untuk makanan ternak, cangkang sawit dipakai untuk pengeras jalan atau pengganti aspal dan cangkang sawit juga bisa menghasilkan asap cair, bahan baku untuk pembuatan lem dan venis kayu.

Komposit alam berbahan dasar cangkang kelapa sawit pada penelitian ini dijadikan partikel/serbuk sebagaimana target awal dari penelitian ini dijadikan partikel/serbuk sebagaimana target awal dari penelitian ini yaitu

mengaplikasikan sebagai material alternative pipa. Adapun beberapa unsure yang terkandung dalam cangkang kelapa sawit adalah sebagai berikut :

- a. Mengandung kadar air yang lembab (*moisture in analysis*) lebih tepatnya yakni sebesar 15-25% (*as received*) atau 8-11% (air dried basis)
- b. Mempunyai kadar abu (*ash content*) yang minim, kurang dari 1-3%
- c. Kadar penguapan yang lumayan tinggi, (*volatile matter*) yakni berkisar 68-70%
- d. Mengandung karbon aktif murni (*fixed carbon*) sekitar kurang lebih sebanyak 20-22%
- e. Memiliki karbon lebih kecil dari 4.200 kcall (*kilocalories*)

Gambar cangkang kelapa sawit ditunjukkan pada gambar 3.19



Gambar 3.21 Cangkang Kelapa Sawit



Gambar 3.22 Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

20. Silikon

Silicon rubber atau karet silikon adalah sejenis polymer sintetik yang memiliki fungsi dan kelebihan yang sangat istimewa, hal ini disebabkan karena karet silikon /*silicon rubber* memiliki beberapa sifat fisik yang tidak dapat ditemkan pada jenis polimer sintetik/ karet sintetik lainnya. Karet silikon /*silicon rubber* ini stabil pada rentang suhu yang cukup panjang yaitu sekitar 100°C – 250°C . Performance karet silikon /*silicon rubber* yang tahan lama melebihi dari elastomer organik yang lain.



Gambar 3.23 *Silicon rubber*

21. Resin

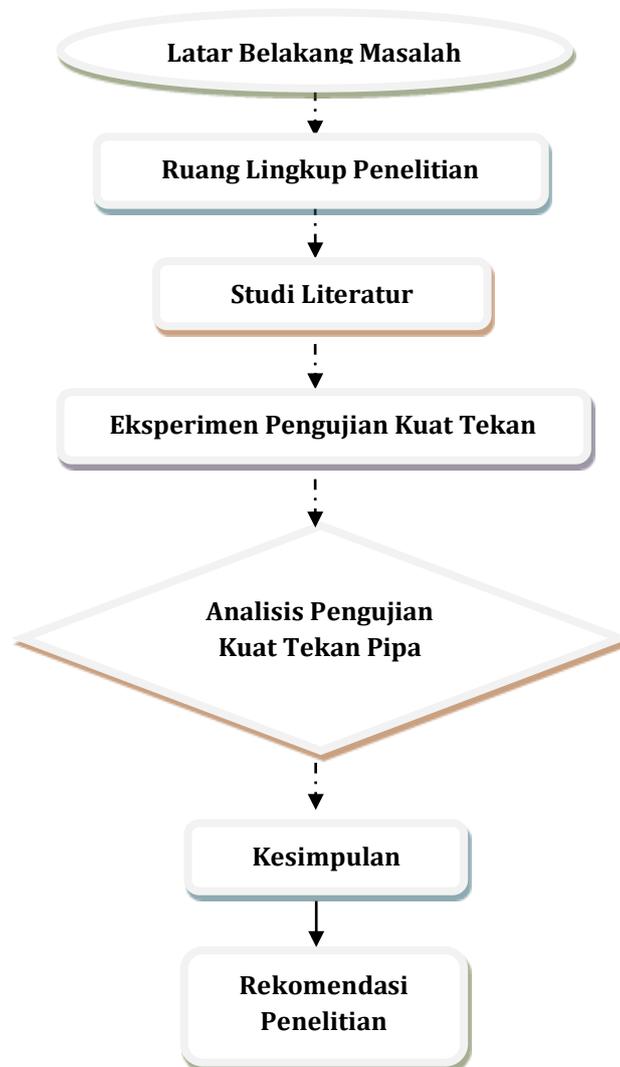
Resin adalah eksudat (getah) yang dikeluarkan oleh banyak jenis tumbuh-tumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjung (*konifer*). Getah ini biasanya membeku, lambat atau segera dan membentuk massa yang keras dan sedikit banyak dan transparan.



Gambar 3.24 Resin

1.9 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan metodologi penelitian, langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.23 Diagram Alir Penelitian

1.10 Material

Bahan-bahan yang digunakan untuk melaksanakan berbagai pengujian dalam penelitian ini meliputi :

1. Serat tebu yang telah dibuat menjadi Pipa Uji sesuai standar.
2. Serat nanas yang telah dibuat menjadi Pipa Uji sesuai standar.
3. Serbuk cangkang kelapa sawit yang telah dibuat melalui proses penyangraian dan penghalusan kemudian dibentuk menjadi Pipa Uji sesuai standar.

1.11 Instrumen dan Set-Up Pengujian

Instrumen

Pengujian tekan dilakukan terhadap spesimen Pipa Uji yang standar. Bahan yang akan diuji mula-mula dibuat menjadi Pipa Uji dengan bentuk sesuai standar. Pengujian kekuatan tekan bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekanan dengan cara memberikan beban tekan secara perlahan sampai material komposit mengalami retak atau patahan.

Pembuatan Pipa Uji

a. Pembuatan Pipa Uji Pada Serat Tebu

- Bentuk Pipa Uji digunakan berbentuk spesimen dengan menggunakan standar untuk pengujian kuat tekan
- Pipa Uji yang akan dibuat menggunakan bahan serat tebu berukuran 50 mm, fraksi volume serat tebu 50%, resin 20%, dan katalis 30%.
- Proses pembuatan pipa uji yang digunakan yaitu dengan proses menggunakan tangan (*hand lay up*). Cetakan yang digunakan adalah kaca dengan penekan berupa kaca yang di beri pegangan di atasnya untuk lebih merekatkan antara serat dengan matriks dan lebih meminimalkan rongga udara yang ada pada Pipa Uji.
- Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan.

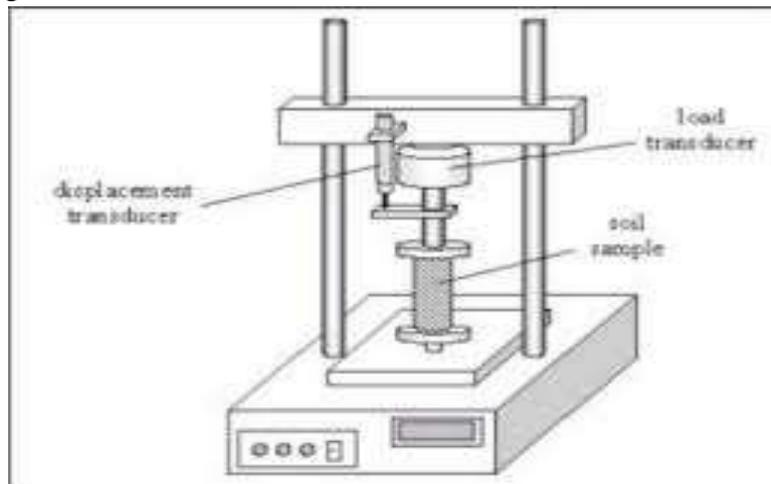
b. Pembuatan Pipa Uji Pada Serat Nanas

- Pengambilan serat nanas dilakukan dengan proses *water retting*
- Daun-daun nanas yang telah mengalami proses *water retting* kemudian dilakukan proses pengikisan atau pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan plat atau pisau yang tidak tajam untuk menghilangkan zat-zat yang masih menempel atau tersisa pada serat, sehingga serat-serat daun nanas akan lebih terurai satu dengan lainnya. Serat-serat tersebut kemudian dicuci dan dikeringkan.

- Bentuk pipa uji digunakan berbentuk spesimen dengan menggunakan standar untuk pengujian kuat tekan.
- c. Pembuatan Pipa Uji Pada Serbuk Cangkang Kelapa Sawit
- Cangkang kelapa sawit dijemur di bawah sinar matahari sampai kering
 - Kemudian dilakukan penimbangan sesuai berat yang dibutuhkan
 - Selanjutnya cangkang kelapa sawit disangrai di udara terbuka sampai asapnya hilang
 - Cangkang kelapa sawit lalu digiling hingga halus dan dilakukan penyaringan/ pengayakan 200 mesh
 - Bentuk pipa uji digunakan berbentuk spesimen dengan menggunakan standar untuk pengujian kuat tekan.

1) Prosedur Pengujian Pipa Uji

Dalam pengujian tekan ini menggunakan alat uji kuat tekan seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.24 Alat Pengujian Kekuatan Tekan

pengujian kuat tekan berdasarkan SNI (metode pengujian kuat tekan) dengan tahapan sebagai berikut :

- Pipa uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris.
- Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
- Pemberian beban dilakukan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan Pipa Uji.

- d. Menggunakan data logger, dicatat data nilai pemendekan Pipa Uji arah longitudinal (aksial) yang diukur dengan LVDT maupun data regangan Pipa Uji yang diukur dengan menggunakan strain gauge untuk setiap penambahan beban 10 kN. Data yang didapat dari pengukuran LVDT dalam satuan mm, sedangkan dari pengukuran strain gauge dalam besaran mikro regangan ($\mu\epsilon$).
- e. Observasi dilakukan dengan mengamati kondisi pipa uji pasca pengujian dicatat, beserta kerusakan yang terjadi pada Pipa Uji.

1.12 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang terkait dengan pengujian kekuatan tekan serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit adalah sebagai berikut :

- 1) Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang berubah bebasnya ditentukan oleh peneliti. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel bebas adalah pipa yang diperkuat serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit.
- 2) Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang perubahnya tergantung pada variabel bebas. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel terikat adalah kekuatan tekan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur besarnya kekuatan tekanan pada serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit. Adapun data hasil penelitian ini akan mendeskripsikan hasil pengukuran kekuatan tekan yang ditentukan melalui hubungan antara tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

4.2 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Serat Tebu

Pengujian kekuatan tekan dilakukan pada temperatur ruang, berdasarkan grafik bahwa uji kuat tekan dilakukan dengan gaya tekan berubah-ubah yaitu dari 199,57 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N. Langkah-langkah dalam mencari nilai luas penampang, tegangan dan regangan adalah sebagai berikut :

1. Mencari luas penampang pipa :

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= A_0 - A_i \\ &= \frac{\pi}{4} D_0^2 - \frac{\pi}{4} D_i^2 \\ &= \frac{\pi}{4} [(26,50)^2 - (41,56)^2] \\ &= \frac{3,14}{4} [702,25 - 1727,23] \\ &= (0,785)(1024,98) \\ &= 804,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai kuat tekan

- Diketahui :

$$F = 1060,54 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 804,25 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{1060,54}{804,25} = 1,320 \text{ N / mm}^2$$

- Diketahui :

$$F = 2372,55 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 804,25 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{2372,55}{804,25} = 2,950 \text{ N / mm}^2$$

- Diketahui :

$$F = 1831,30 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 804,25 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{1831,30}{804,25} = 2,274 \text{ N / mm}^2$$

3. Mencari nilai regangan

Regangan yang terjadi, adalah perbandingan perubahan luas penampang sebelum mendapatkan tekanan dengan sesudah mendapatkan tekanan. Pada gaya tekan maksimum sebesar 1060,54 N regangan yang terjadi sebesar 14,29 %.

- Diketahui :

$$\sigma = 1,320 \text{ N / mm}^2$$

$$E = 9,237 \text{ Pa}$$

Diperoleh :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{1,320}{9,237} \times 100\% = 14,29\%$$

- Diketahui :

$$\sigma = 0,248 \text{ N / mm}^2$$

$$E = 9,253 \text{ Pa}$$

$$\text{Diperoleh : } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,248}{9,253} \times 100\% = 2,68\%$$

- Diketahui :

$$\sigma = 0,340 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 9,239 \text{ Pa}$$

$$\text{Diperoleh : } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,340}{9,239} \times 100\% = 3,68\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas , diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan pada Serat Tebu

No	F (N)	A (mm ²)	σ (N/mm ²)	ε (%)
1	1060,54	804,25	1,320	14,29
2	2372,55	804,25	2,950	2,68
3	1831,30	804,25	2,274	3,68



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kuat Tekan pada Pipa Komposit Serat Tebu

Spesimen nomor 1 dengan serbuk komposit serat tebu memiliki kekuatan tekan maksimal sebesar 1060,54 kgf.

4.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Serat Nanas

Pengujian kekuatan tekan dilakukan pada temperatur ruang, berdasarkan grafik bahwa uji kuat tekan dilakukan dengan gaya tekan berubah-ubah yaitu dari 625,41 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N. Langkah-langkah dalam mencari nilai luas penampang, tegangan dan regangan adalah sebagai berikut :

1. Mencari luas penampang pipa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}A_{\text{pipa}} &= A_0 - A_i \\&= \frac{\pi}{4} D_0^2 - \frac{\pi}{4} D_i^2 \\&= \frac{\pi}{4} [(35,52)^2 - (53,5)^2] \\&= \frac{3,14}{4} [1261,67 - 2862,25] \\&= (0,785)(1600,58) \\&= 1256,64 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

2. Mencari nilai kuat tekan

- Diketahui :

$$F = 1060,54 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 1256,64 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{1060,54}{1256,64} = 0,843 \text{ N/mm}^2$$

- Diketahui :

$$F = 625,41 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 1256,64 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{625,41}{1256,64} = 0,497 \text{ N/mm}^2$$

- Diketahui :

$$F = 856,24 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 1256,64 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{856,24}{1256,64} = 0,681 \text{ N/mm}^2$$

3. Mencari nilai regangan

Regangan yang terjadi, adalah perbandingan perubahan luas penampang sebelum mendapatkan tekanan dengan sesudah mendapatkan tekanan. Pada gaya tekan maksimum sebesar 1060,54 N regangan yang terjadi sebesar 10,56 %.

- Diketahui :

$$\sigma = 0,843 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 7,982 \text{ Pa}$$

$$\text{Diperoleh : } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,843}{7,982} \times 100\% = 10,56\%$$

- Diketahui :

$$\sigma = 0,497 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 7,990 \text{ Pa}$$

$$\text{Diperoleh : } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,497}{7,990} \times 100\% = 6,22\%$$

- Diketahui :

$$\sigma = 0,681 \text{ N/mm}^2$$

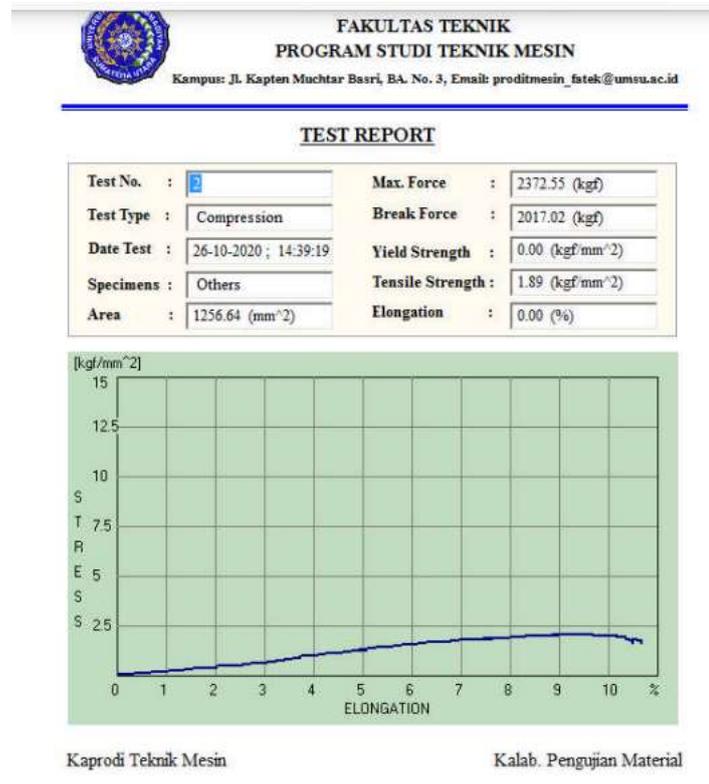
$$E = 7,983 \text{ Pa}$$

$$\text{Diperoleh : } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,681}{7,983} \times 100\% = 8,53\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas , diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2 Analisis Data pada Serat Nanas

No	F (N)	A (mm ²)	σ (N/mm ²)	ε (%)
1	1060,54	1256,64	0,843	10,56
2	625,41	1256,64	0,497	6,22
3	856,24	1256,64	0,681	8,53



Gambar 4.6 Grafik Pengujian Kuat Tekan pada Pipa Komposit Serat Nanas Spesimen nomor 2 dengan serbuk komposit serat nanas memiliki kekuatan tekan maksimal sebesar 2372,55 kgf.

4.4 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

Pengujian kekuatan tekan dilakukan pada temperatur ruang, berdasarkan grafik bahwa uji kuat tekan dilakukan dengan gaya tekan berubah-ubah yaitu dari 257,94 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N. Adapun hasil perhitungan tegangan diperoleh dengan matematis sebagai berikut :

1. Mencari luas penampang pipa :

$$\begin{aligned} A_{\text{pipa}} &= A_0 - A_i \\ &= \frac{\pi}{4} D_0^2 - \frac{\pi}{4} D_i^2 \\ &= \frac{\pi}{4} [(35,52)^2 - (53,5)^2] \\ &= \frac{3,14}{4} [1261,67 - 2862,25] \\ &= (0,785)(1600,58) \\ &= 1256,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai kuat tekan

- Diketahui :

$$F = 1060,54 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 1256,64 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{1060,54}{1256,64} = 0,843 \text{ N/mm}^2$$

- Diketahui :

$$F = 257,94 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diperoleh : } \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{257,94}{1256,64} = 0,205 \text{ N/mm}^2$$

- Diketahui :

$$F = 739,50 \text{ (N)}$$

$$A_0 = 1256,64 \text{ mm}^2$$

Diperoleh :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{739,50}{1256,64} = 0,588 \text{ N/mm}^2$$

3. Mencari nilai regangan

Regangan yang terjadi, adalah perbandingan perubahan luas penampang sebelum mendapatkan tekanan dengan sesudah mendapatkan tekanan.

Pada gaya tekan maksimum sebesar 1060,54 N regangan yang terjadi sebesar 14,29 %.

- Diketahui :

$$\sigma = 0,843 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 5,899 \text{ Pa}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,843}{5,899} \times 100\% = 14,29\%$$

- Diketahui :

$$\sigma = 0,205 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 5,899 \text{ Pa}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,205}{5,899} \times 100\% = 3,48\%$$

- Diketahui :

$$\sigma = 0,588 \text{ N/mm}^2$$

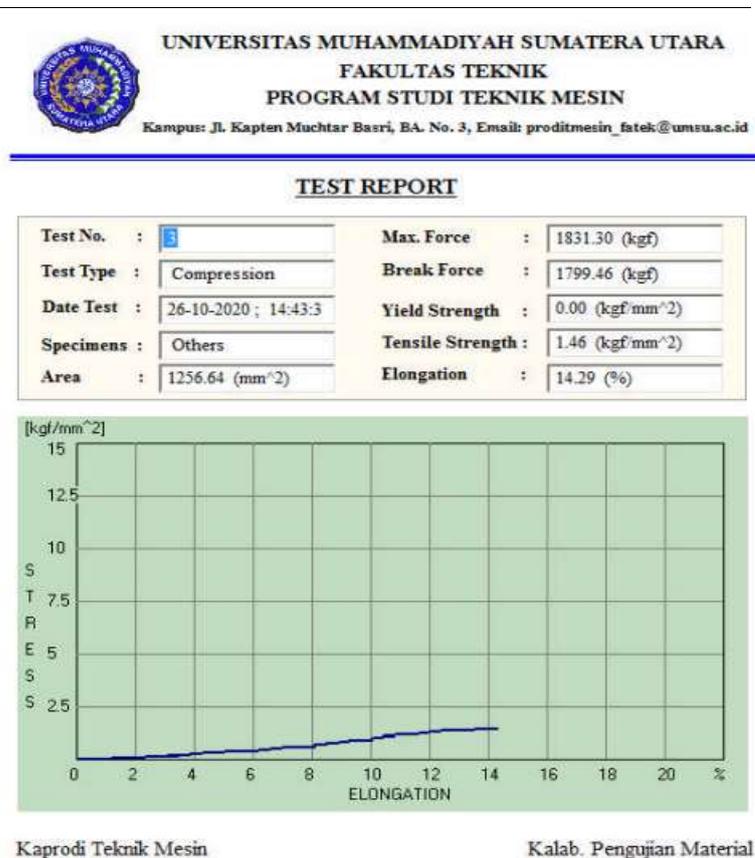
$$E = 5,899 \text{ Pa}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{0,588}{5,899} \times 100\% = 9,96\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas , diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.3 Analisis Data pada Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

No	F (N)	A (mm ²)	σ (N/mm ²)	ϵ (%)
1	1060,54	1256,64	0,843	14,29
2	257,94	1256,64	0,205	3,48
3	739,50	1256,64	0,588	9,96



Gambar 4.7 Grafik Pengujian Kuat Tekan pada Pipa Komposit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

Spesimen nomor 3 dengan serbuk komposit serbuk cangkang kelapa sawit memiliki kekuatan tekan maksimal sebesar 1831,30 kgf.

4.5 Pembahasan Hasil Penelitian

4.5.1 Pembahasan Hasil Uji Kekuatan Tekan Pada Pipa Komposit Diperkuat Serat Tebu

a. Kekuatan Tekan

Pengujian Kekuatan Tekan dilakukan pada dari 199,57 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N terjadi kenaikan tegangan, hal ini disebabkan semakin besar gaya tekan maka semakin antara serat dan resin (*bonding*) merekat dengan baik sehingga kekuatan tegangan lebih besar.

Pada tekanan 199,57 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N terjadi peningkatan tegangan dari 0,248 N/mm² menjadi 1,320 N/mm². Semakin besar temperatur ruang uji yang diberikan juga dapat menyebabkan spesimen mengalami perubahan fase dari padat menuju cair yang mengakibatkan ikatan antar muka antara resin dengan serat tebu menjadi lemah atau tidak terjalin dengan baik.

Selain itu, menurunnya kekuatan tekan terjadi karena adanya proses pembesaran *void* (rongga udara). Jika temperatur ruang uji semakin tinggi maka *void* akan mengembang dan berdampak menurunnya kekuatan tegangannya.

b. Regangan

Semakin besar tekanan maka regangan spesimen akan mengalami pertambahan panjang, karena sifat dari resin menjadi elastic jika diberikan perlakuan panas. Hal ini dibuktikan dengan nilai regangan pada spesimen serat tebu yang diberi gaya tekan maksimum sebesar 1060,54 N regangan yang terjadi sebesar 14,29 %.Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas maka bahan semakin kaku. Nilai modulus elastisitas spesimen pada gaya tekan maksimum adalah 9,237 Pa, maka dapat diartikan bahan semakin padat jika mendapatkan penambahan tekanan.

4.5.2 Pembahasan Hasil Uji Kekuatan Tekan Pada Pipa Komposit Diperkuat Serat Nanas

a. Kekuatan Tekan

Pengujian Kekuatan Tekan dilakukan dengan gaya tekan dari 625,41 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N. terjadi kenaikan tegangan, hal ini disebabkan semakin besar gaya tekan ikatan antara serat dan resin (*bonding*) merekat dengan baik sehingga kekuatan tegangan lebih besar.

Pada tekanan minimum 625,41 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N terjadi peningkatan tegangan dari 0,497 N/mm² menjadi 0,843 N/mm². Semakin besar temperatur ruang uji yang diberikan juga dapat menyebabkan spesimen mengalami perubahan fase dari padat menuju cair yang mengakibatkan ikatan antar muka antara resin dengan serat daun nanas menjadi lemah atau tidak terjalin dengan baik.

Selain itu, menurunnya kekuatan tekan terjadi karena adanya proses pembesaran *void* (rongga udara). Jika temperatur ruang uji semakin tinggi maka *void* akan mengembang dan berdampak menurunnya kekuatan tegangannya.

b. Regangan

Semakin besar tekanan maka regangan spesimen akan mengalami pertambahan panjang, karena sifat dari resin menjadi elastic jika diberikan perlakuan panas. Hal ini dibuktikan dengan nilai regangan pada spesimen serat nanas yang diberi gaya tekan maksimum sebesar 1060,54 N regangan yang terjadi sebesar 10,56 %.

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas maka bahan semakin kaku. Nilai modulus elastisitas spesimen pada gaya tekan maksimum adalah 7,982

P_a , maka dapat diartikan bahan semakin kaku jika mendapatkan penambahan tekanan.

4.5.3 Pembahasan Hasil Uji Kekuatan Tekan Pada Pipa Komposit Diperkuat Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

a. Kekuatan Tekan

Pengujian dilakukan dengan gaya tekan dari 257,94 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N dan terjadi kenaikan tegangan, hal ini disebabkan ikatan antara serat dan resin (*bonding*) merekat dengan baik sehingga kekuatan tegangan lebih besar.

Pada tekanan Pada tekanan 257,94 N hingga tekanan maksimum 1060,54 N terjadi peningkatan tegangan dari 0,205 N/mm² menjadi 0,843 N/mm². Semakin besar temperatur ruang uji yang diberikan juga dapat menyebabkan spesimen mengalami perubahan fase dari padat menuju cair yang mengakibatkan ikatan antar muka antara resin dengan serbuk cangkang kelapa sawit menjadi lemah atau tidak terjalin dengan baik. Selain itu, menurunnya kekuatan tegangan terjadi karena adanya proses pembesaran *void* (rongga udara). Jika temperatur ruang uji semakin tinggi maka *void* akan mengembang dan berdampak menurunnya kekuatan tegangannya.

b. Regangan

Semakin besar temperatur ruang uji maka regangan spesimen akan mengalami pertambahan panjang, karena sifat dari resin menjadi elastis jika diberikan perlakuan panas. Hal ini dibuktikan dengan nilai regangan pada spesimen serbuk cangkang kelapa sawit yang diberi gaya tekan maksimum sebesar 1060,54 N regangan yang terjadi sebesar 14,29 %.

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas maka bahan semakin kaku. Nilai modulus elastisitas spesimen pada gaya tekan maksimum adalah sebesar 5,899 *Pa*, maka dapat diartikan bahan semakin kaku jika mendapatkan penambahan tekanan.

4.6 Perbandingan Hasil Penelitian Lain yang Relevan

Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya yang relevan sebagai bahan referensi. Penelitian yang dijadikan perbandingan adalah penelitian dilakukan oleh Danu Tirta Dewa Surya (2021) dengan judul Pemanfaatan limbah serat daun nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit untuk pembuatan pipa 1 inch. Adapun beberapa hasil penelitian tersebut :

1. Kesimpulan pada penelitian Danu adalah didapatkannya komposisi bahan terbaik untuk kekuatan tekan paling tinggi dari hasil pengujian dapat dihasilkan Spesimen no.1 dengan perbandingan 1 gram serbuk cangkangkelapa sawit dan 1 gram serat tebu memiliki kekuatan tekan dengan nilai 234,06 kgf. Sedangkan pada penelitian ini pada spesimen no.1 dengan komposit serat tebu diameter 35 mm, dihasilkan kuat tekan paling tinggi adalah yang terjadi pada serat tebu dengan tekanan 1,604 kgf dengan nilai regangannya 14,29%.
2. Pipa yang tingkat kekuatan tekan yang lebih rendah dari Spesimen no.1 adalah Spesimen no.2 dengan perbandingan 2 gram serbuk cangkang kelapa sawit dan 1 gram serat tebu memiliki kekuatan tekan dengan nilai 200,89 kgf. Sedangkan pada penelitian ini pada spesimen no.2 dengan komposit serat daun nanas dengan diameter 35 mm dengan tekanan 2372,55 kgf serta nilai regangannya 10,56%.
3. Pipa yang tingkat kekuatan tekan yang paling rendah adalah pipa Spesimen no.3 dengan perbandingan 1 gram cangkang kelapa sawit dan 2 gram serat tebu dengan nilai 161,09 kgf. Perbedaan tingkat kekuatan tekan dikarenakan perbedaan komposisi bahan. Spesimen nomor 3 dengan komposit serbuk cangkang kelapa sawit diameter 35 mm, memiliki kekuatan tekan maksimal 1831,30 kgf dengan nilai regangannya regangannya 14,29%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis, pengujian Pipa komposit diperkuat serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit dan pembahasan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan tekan pada pipa komposit serat tebu adalah $1,320 \text{ N/mm}^2$, kekuatan tekan pipa komposisi serat nanas adalah $0,843 \text{ N/mm}^2$, dan kekuatan tekan pipa komposisi serbuk cangkang kelapa sawit adalah $0,843 \text{ N/mm}^2$. Terjadi peningkatan tegangan dengan meningkatnya gaya tekan pada serat tebu dari $0,248 \text{ N/mm}^2$ menjadi $1,320 \text{ N/mm}^2$, pada serat nanas dari $0,497 \text{ N/mm}^2$ menjadi $0,843 \text{ N/mm}^2$ dan pada serbuk cangkang kelapa sawit dari $0,205 \text{ N/mm}^2$ menjadi $0,843 \text{ N/mm}^2$.

Dari ketiga pipa berbahan serat alam tersebut, yang memiliki kekuatan tekan paling tinggi adalah pipa komposit serat tebu adalah $1,320 \text{ N/mm}^2$.

2. Regangan yang dialami serat tebu, serat nanas dan serbuk cangkang kelapa sawit mengalami peningkatan dengan meningkatnya gaya tekan yang diberikan. Pada tekanan maksimum $1060,54 \text{ N}$ serat tebu nilai regangannya $14,29\%$. Pada tekanan maksimum $1060,54 \text{ N}$ serat nanas nilai regangannya $10,56\%$. Pada tekanan maksimum $1060,54 \text{ N}$ serbuk cangkang kelapa sawit nilai regangannya $14,29 \%$.

Dari ketiga pipa berbahan serat alam tersebut, yang memiliki nilai regangan paling tinggi adalah serat tebu dan serbuk cangkang kelapa sawit dengan nilai regangan yang sama yaitu $14,29\%$.

3. Pada modulus elastisitas nilainya semakin meningkat dengan meningkatnya tekanan. Hal ini disebabkan bahan semakin padat jika mendapatkan penambahan tekanan. Pada serat tebu nilai modulus

elastisitas spesimen pada tekanan maksimum 1060,54 *N* adalah sebesar 9,237 *Pa*. Pada serat nanas nilai modulus elastisitas spesimen pada tekanan maksimum 1060,54 *N* adalah sebesar 7,982 *Pa*. Pada serbuk cangkang kelapa sawit nilai modulus elastisitas spesimen pada tekanan maksimum 1060,54 *N* adalah sebesar 5,899 *Pa*.

Dari ketiga pipa berbahan serat alam tersebut, yang memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi adalah serat tebu dengan nilai modulus elastisitas yaitu 9,237 *Pa*.

4. Berdasarkan nilai kuat tekan, regangan dan modulus elastisitas, dapat disimpulkan bahwa pipa komposit berbahan serat alam yang paling baik adalah Pipa komposit diperkuat dari serat tebu.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian yang telah dibahas dengan berbagai kekurangan dan keterbatasan peneliti, maka rekomendasi saya untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pada proses pengukuran serat, dibuat seragam dan lebih rapat agar pada saat penuangan resin, maka serat dan resin dapat terikat dengan baik dan sempurna.
2. Pada saat penuangan resin harus dilakukan di ruangan yang tertutup dan tidak lembab agar meminimalkan terjadinya *void* (rongga udara) pada specimen.
3. Pemasangan cetakan luar harus tepat dengan cetakan dalam agar ketebalan komposit merata.
5. Komposisi resin dengan katalis akan menentukan kekerasan komposit. Maka, dibutuhkan perhitungan yang tepat dalam menentukan perbandingan resin dengan katalis.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus dkk, (2009) Jurnal : *Komposit Laminate Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Socket Prosthesis*. Surabaya : Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra
- Arief Maulana, (2016), *Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Caesar II 5.10 Pada Proyek Gas Lift Compressor Station*, JTM Vol.05, No.2
- Effendi, Evan. 2015. *Analisa Kekuatan Pipa Komposit Serat Batang Pisang Polyester Yang Disusun Dua Lapis Serat 250/-250 Terhadap Pengujian Tarik Dengan Variasi Temperatur Ruang Uji*. Surakarta : Naskah Publikasi Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Buarque & d'Almeida, 2007. *The Effect Of Cylindrical Defects On The Tensile Strength Of Glass Fiber/Vinyl-Ester Matrix Reinforced Composite Pipes*.
- Diharjo, K dan Triyono, T. 1999. *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Gibson, R, F, 1994. *Principle Of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- Guedes, 2006. *Stress Analysis Of Transverse Loading For Laminated Cylindrical Composite Pipes: An Approximated 2-D Elasticity Solution*.
- Kirby, R.H. 1963. *Vegetables Fibres, Botany, Cultivation and Utilization*. Leonard Hill Limited.
- R. M. Jones., 1975, *Mechanics of Composite Materials*, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Wasingthon D.C.
- Sari,N.H, Taufan, A. 2011. *Karakteristik ketangguhan impact dan kekuatan tarik komposit hybrid serat batang kelapa /serat gelas menggunakan matrik urea formaldehyde*.Surabaya : Jurnal Teknik Mesin ITS ISSN 1411-9471,vol. 11. Nomor 3, hal 240-248.
- Surdia, T. Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan ke-4. Jakarta : PT. Pradnya Paramita