

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN SAMBUNGAN PIPA 90° *ELBOW* BERBAHAN SERAT DURIAN

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

Disusun oleh:

FIKRI RAHAN GIFARI PULUNGAN
NPM. 1907230014



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fikri Raihan Gifari Pulungan
NPM : 1907230014
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Sambungan Pipa 90° Elbow Berbahan Serat Durian
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Pengujian 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, Januari 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muharnif M,ST .M.Sc

Dosen Penguji II

Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T.,M.T

Dosen Penguji III

M.Yani,ST,MT.

Program Study Teknik Mesin

Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fikri Raihan Gifari Pulungan
Tempat /Tanggal Lahir : MEDAN / 5 Januari 2002
NPM : 1907230014
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhirsaya yang berjudul:

“Pembuatan sambungan pipa 90° elbow berbahan serat durian”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2024

Saya yang menyatakan



Fikri raihan gifari pulungan

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fikri Raihan Gifari Pulungan
NPM : 1907230014
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Sambungan Pipa 90° Elbow Berbahan Serat Durian
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Pengujian 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, Januari 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

Ketua, Program Studi Teknik Mesin

M.Yani,ST,MT.

Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fikri Raihan Gifari Pulungan

Tempat /Tanggal Lahir : MEDAN / 5 Januari 2002

NPM : 1907230014

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhirsaya yang berjudul:

“Pembuatan sambungan pipa 90° elbow berbahan serat durian”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Januari 2024

Saya yang menyatakan,



Fikri Raihan gifari pulungan

ABSTRAK

Buah durian (*Durio zibethinus Murr*) termasuk buah musiman. Kulit buah durian bila diolah lebih lanjut dapat dibuat menjadi serat selulosa yang dapat dijadikan sebagai pengisi alami pada komposit polyester tidak jenuh . Di antara berbagai jenis serat alam, serat kulit durian merupakan salah satu alternatif filler komposit polymer. Kulit durian dapat diperoleh dengan mudah karena merupakan limbah keluarga yang belum dimanfaatkan. (Arthur Yanny Leiwakabessy¹ *, Benjamin G. Tentua² , 2021). Pipa adalah suatu komponen berbentuk silindris yang digunakan untuk memindahkan fluida bertekanan yang didesain sedemikian rupa sesuai dengan spesifikasi material tertentu. Secara umum pipa dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu pipa tanpa sambungan (seamless) dan pipa dengan sambungan las (welded). Pengujian tekan bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan perlakuan memberikan beban tekan secara perlahan sampai material komposit mengalami remuk atau retak. Setelah mengetahui hasil pengujian tekan terhadap masing-masing campuran antara epoxy resin dan serat kulit durian yang dipilih untuk menjadi produk pipa sambungan tee didapat hasil terbaik yaitu tekan pada specimen dengan rasio komposisi 1,20 gram serat kulit durian dan 50 gram epoxy resin dengan kekuatan tertinggi dengan nilai rata-rata sebesar 2193,46 kgf, tegangan 21,8298 kgf/mm², Regangan 1, Modulus elastis 21,8298. Berdasarkan dari data uji tekan yang dihasilkan bahwa semakin besar persentase penambahan serat kulit durian maka semakin tinggi kekuatan tekan yang didapat. Hal ini dikarenakan kulit durian memiliki pengaruh keuletan yang tahan terhadap kekuatan tekan.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

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 terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemanfaatan Serat Durian Sebagai Bahan Pembuatan Sambungan Socket Pipa” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini penulis setulus hati mengungkapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak M.Yani,ST,MT Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Candra A Siregar S.T, M.T. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Saiful pulungan dan Rosmaniar, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Sahabat-sahabat penulis, zira fadira insyira, M.iqbal maulana dan maun pulungan dan sahanabat lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Januari 2024

Penulis

Fikri Raihan Gifari Pulungan

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	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 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Masalah	3
1.5 Manfaat Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Perpipaan.....	4
2.1.1 Jenis-jenis pipa	5
2.2 Komponen Sistem Perpipaan.....	5
2.2.1 Pipa.....	5
2.2.2 Sambungan (fitting).....	7
2.3 Material Pipa.....	9
2.3.1 Pipa PVC.....	10
2.3.2 Pipa Logam	10
2.3.3 Pipa baja paduan (alloy stell)	10
2.3.4 Pipa Alumunium.....	11
2.3.5 Pipa Besi Tuang (Cast Iron).....	11
2.3.6 Pipa Tembaga (Copper).....	11
2.3.7 Pipa Galvanis.....	11
2.3.8 Pipa Stainless Stell.....	12
2.3.9 Pipa Kuningan	12
2.3.10 Pipa Baja Karbon (Carbon Stell).....	12
2.4 Tipe Pipa.....	12

2.5	Standard Pipa	13
2.6	Kekuatan Tekan	14
2.6.1	Tegangan regangan dan modulus elastisitas.....	15
2.7	Komposit.....	15
2.8	Serat	18
2.8.1	Limbah Kulit Durian	19
BAB 3 METODE PENELITIAN		21
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.1.1	Tempat.....	21
3.1.2	Waktu	21
3.2	Alat dan Bahan	22
3.2.1	Alat	22
3.2.2	Bahan.....	28
3.3	Prosedur pembuatan sambungan pipa socket	30
3.3.1	Pengolahan serat kulit durian	30
3.3.2	Pembuatan sambungan pipa socket.....	30
3.4	Diagram pembuatan sambungan pipa socket.....	32
3.4.1	Pengolahan serat kulit durian	32
3.4.2	Diagram pembuatan sambungan pipa socket.....	33
3.5	Proses Pengujian Tekan Pipa Komposit	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Data Hasil Pengujian Pipa Elbow Komposit	36
4.2	Analisa Data Uji Tekan.....	38
4.3	Grafik Kekuatan Uji Tekan Pada Pipa Komposit	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		50
LEMBARAN ASSITENSI.....		57
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ukuran Pipa SNI

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Saat Penelitian

Tabel 3.2. Diagram Pengelolahan Serat Kulit Durian

Tabel 3.3. Diagram Pembuatan Sambungan Socket Pipa

Tabel 4.1. Data Komposisi Rasio Epoxy Resin: Serat Kulit Durian

Tabel 4.2. Data Uji Tekan

Tabel 4.3. Data Hasil Perhitungan Uji Tekan Spesimen 0,300 gram

Tabel 4.4. Data Uji Tekan

Tabel 4.5. Data Hasil Perhitungan Uji Tekan Spesimen 0,60 gram

Tabel 4.6. Data Uji Tekan

Tabel 4.7. Data Hasil Perhitungan Uji Tekan Spesimen 0,90 gram

Tabel 4.8. Data Uji Tekan

Tabel 4.9. Data Hasil Perhitungan Uji Tekan Spesimen 1,20 gram

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spiral welding pipe	7
Gambar 2.2 Seamless pipa	7
Gambar 2.3 Pipa di las	8
Gambar 2.4 Tubing	8
Gambar 2.5 Flange	9
Gambar 2.6 Katup bola	9
Gambar 2.7 Katup kupu kupu	10
Gambar 2.8 Katup pintu	10
Gambar 2.9 Katup dunia	10
Gambar 2.10 Siku	11
Gambar 2.11 Sambungan tee	11
Gambar 2.12 Sambungan pemerkecilan	12
Gambar 2.13 Sambungan stup in	12
Gambar 2.14 Sambungan cap	13
Gambar 2.15 Elbow	17
Gambar 3.1 Kulit Durian	21
Gambar 3.2 epoxy resin	21
Gambar 3.3 NaOH	22
Gambar 3.4 Katalis	22
Gambar 3.5 Timbangan digital	23
Gambar 3.6 Gelas ukur	23
Gambar 3.7 Gelas plastic	23
Gambar 3.8 Cetakan pipa	24
Gambar 3.9 silikon	24
Gambar 3.10 Alumunium foil	25
Gambar 3.11 Gunting	25
Gambar 3.12 Vernier caliper	25
Gambar 3.13 Penggaris	26
Gambar 3.14 Kertas amplas	26
Gambar 3.15 mikrometer sekrup	
Gambar 3.16 Alat uji tekan	

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
E	Modulus Elastisitas	Pa
σ	Tegangan Normal	Pa
ε	Tegangan-Regangan	mm/mm
F	Beban Tekan	N
A	Luas penampang yang dikenai beban tekan	m
Δl	Perubahan panjang yang terjadi	m
l_0	Panjang Awal	m
l	Panjang Akhir	m

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Elbow merupakan satu jenis komponen yang ada pada sistem perpipaan dengan bentuk melengkung. Bisa dikatakan bahwa elbow adalah pipa sudut. Sama halnya dengan pipa lainnya, elbow juga terbuat dari berbagai macam jenis bahan. juga memiliki jenis dan bentuk yang beragam disesuaikan dengan kebutuhan para pengguna. Biasanya, pemilihan elbow disesuaikan dengan fungsi unit pipa pada jenis pipa yang digunakan. Elbow yang biasa ditemui adalah terbuat dari besi cor, kuningan dan plastik. Bahannya saja, Elbow yang biasa ditemui adalah terbuat dari besi cor, kuningan atau plastik. Tidak hanya bahannya saja, elbow juga memiliki jenis dan bentuk yang beragam disesuaikan dengan kebutuhan para pengguna. Biasanya pemilihan elbow disesuaikan dengan fungsi unit pipa pada jenis pipa yang digunakan (Angga widianthara, 2019).

Perkembangan teknologi khususnya di bidang komposit terus berkembang seiring dengan usaha manusia untuk memanfaatkan bahan dan teknologi teknologi yang baru. Hal ini didorong oleh kebutuhan akan bahan yang dapat memenuhi karakteristik tertentu. Salah satu material adalah bahan komposit dengan kemampuan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, baik dalam segi kekuatan, maupun bentuknya dan keunggulannya dalam ratio kekuatan terhadap berat, mendorong penggunaan komposit sebagai bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk. (Muhammad Irfan, 2022).

Penelitian yang mengarah terhadap pengembangan komposit telah banyak dilakukan terutama komposit serat alam. Penelitian ini dilakukan seiring dengan majunya eksploitasi penggunaan bahan alam dalam kehidupan sehari-hari. Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alam adalah jumlah berlimpah, dapat diperbaharui dan tidak mencemari lingkungan atau membahayakan kesehatan. Untuk memperoleh sifat mekanik yang tinggi maka serat alam telah diberi berbagai macam perlakuan yang dapat meningkatkan sifat mekanik maupun sifat fisis. Berbagai macam barang yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari dapat dibuat dari komposit polimer ini. Misalnya perabot rumah tangga (dari plastik), bahan pakaian (nilon, poliester), alat pembungkus, alat transportasi, dan otomotif. Industri

yang paling gencar menggunakan serat alam sebagai material komposit polimer adalah produsen otomotif Daimler Chrysler. Produsen mobil Amerika-Jerman ini mulai meneliti dan menggunakan bahan komposit polimer berbasis serat – serat alam. (Muhammad Irfan, 2022).

Berdasarkan data-data tersebut, untuk membuat pipa yang khusus untuk saluran pembuangan air limbah rumah tangga dengan memanfaatkan bahan- bahan alami yang mudah diperoleh dan relatif lebih kuat serta lebih ramah lingkungan. Bahan yang dipilih ialah serat durian yang banyak tersedia di daerah Sumatera Utara. Penelitian terdahulu telah menguji coba bahan cetakan pembentuk diameter luar pipa dengan kriteria-kriteria antara lain: kayu, pipa baja tahan karat, semen, dan thermoset. (Muhammad Irfan, 2022).

Buah durian (*Durio zibethinus Murr*) termasuk buah musiman. Kulit buah durian bila diolah lebih lanjut dapat dibuat menjadi serat selulosa yang dapat dijadikan sebagai pengisi alami pada komposit polyester tidak jenuh . Di antara berbagai jenis serat alam, serat kulit durian merupakan salah satu alternatif filler komposit polymer. Kulit durian dapat diperoleh dengan mudah karena merupakan limbah keluarga yang belum dimanfaatkan. (Arthur Yanny Leiwakabessy1 *, Benjamin G. Tentua2 , 2021).

Selama ini, bagian buah durian yang lebih umum dikonsumsi adalah bagian dagingnya. Presentase berat bagian ini termasuk rendah yaitu hanya 20-35%. Hal ini berarti kulit (60-75%) dan biji (5-15%) belum dimanfaatkan secara maksimal (Wahyono, 2009). Alasan pemilihan serat kulit durian sebagai bahan baku komposit adalah karena merupakan hasil dari limbah buah durian, murah, mudah diperoleh dalam jumlah banyak, yang terdapat di provinsi Sumatera Utara.

Penelitian sebelumnya telah meneliti mengenai pemanfaatan limbah serat tebu (*bagasse*) dan cangkang kelapa sawit sebagai pembuatan pipa elbow 1 *inch*, sedangkan untuk serat durian belum ada kajian tentang serat durian tersebut. Maka saya ingin meneliti pembuatan pipa elbow 90° berbahan serat durian.

Berdasarkan uraian dan permasalahan yang ada maka dilakukan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: “pembuatan sambungan pipa 90° *elbow* berbahan serat durian”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dijelaskan diatas adapun rumusan masalah yang dapat dijelaskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat pipa elbow dari bahan serat durian ?
2. Bagaimana analisa kekuatan pipa elbow dari bahan komposit diperkuat serat durian ?

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini terfokus hanya pada bahan utamanya yaitu serat durian.
2. Cetakan pipa dibuat dengan bahan *silicon*.
3. Pada proses pengujian menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*).
4. Komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan pipa elbow dari bahan serat durian adalah specimen 1 dengan ukuran 1:1, specimen 2 dengan ukuran 2:1, dan specimen 3 dengan ukuran 1:2.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan sambungan pipa elbow dari bahan serat durian adalah :

1. Untuk membuat pipa elbow dari bahan serat alami serta memanfaatkan hasil limbah serat durian .
2. Untuk menganalisis kekuatan pipa elbow dari bahan komposit yakni Serat durian.

1.5. Manfaat

Apabila penelitian ini mencapai tujuan yang positif, maka akan memperoleh manfaat – manfaat yang meliputi :

1. Membantu manusia dalam memanfaatkan limbah yang tidak terpakai untuk pembuatan sambungan pipa elbow dari bahan komposit.
2. Diharapkan mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menciptakan kerja sama yang baik dalam memanfaatkan hasil dari bahan daur ulang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan umumnya terdiri dari pipa, katup, alat kelengkapan pipa (siku, reduksi, tee), flensa, pipa penghubung dan komponen lainnya. Ada dalam industri, beberapa istilah umum dikenal tentang sistem pipa, seperti pipa dan pipa. Pipa adalah sistem perpipaan dalam plastik nt, sebagai fasilitas untuk mengangkut cairan (cair atau gas) antara dua orang perangkat ke perangkat lain harus melalui proses tertentu. Pipa ini tidak akan keluar dari area pabrik. Meskipun pipa adalah sebuah sistem Pipa yang membawa atau mengalirkan fluida antara satu tanaman dengan tanaman lainnya yang lain biasanya melewati beberapa daerah.

Sistem perpipaan dapat ditemukan di hampir setiap jenis industri, mulai dari dari sistem pipa tunggal sederhana hingga sistem percabangan yang sangat kompleks. Contoh sistem plambing adalah sistem distribusi air bersih di gedung atau kota, sistem transportasi minyak bumi dari sumur ke reservoir atau tangki penyimpanan, Sistem distribusi udara pendingin di gedung, sistem distribusi uap proses pengeringan dll. Biasanya mengalir Limbah rumah tangga terbuat dari plastik jenis polyvinyl chloride (PVC). Kerugian dari bahan ini adalah tidak tahan terhadap suhu dan cuaca tinggi. Selain itu harga pipa PVC jenis ini juga relatif mahal. Pasar dan terbuat dari bahan yang mengandung racun Kadar klorida (Cl) tidak sehat bagi lingkungan. Kandungan Cl diketahui dapat digunakan sebagai agen untuk membunuh bakteri dan alga. Terkandung dalam air olahan dari instalasi pengolahan air (IPA), kadar cukup rendah. Berdasarkan data diatas, penulis tertarik untuk melakukan Selidiki pembuatan pipa khusus untuk selokan limbah Rumah menggunakan bahan-bahan alami yang tersedia Dan relatif lebih kuat dan lebih ramah lingkungan. Bahan pilihannya adalah fiber Durian ada di mana-mana di Sumatera Utara.

Beberapa bahan telah diuji sebagai bahan pembentuk cetakan Standar diameter luar pipa meliputi: pipa kayu, pipa stainless steel, Bahan semen dan termoset.

- a. Penggunaan bahan kayu akan menghasilkan cetakan yang banyak Ringan, tetapi mudah menyerap stok tiub sehingga melekat Permukaan percetakan yang sukar dan proses penyingkiran. Selain daripada Penggunaan bahan kayu agak mahal dan mudah rusak, jadi kecekapan rendah.

- b. Menggunakan bahan tabung stainless steel untuk menghasilkan permukaan yang halus Sangat bagus dan lebih presisi. Namun, materi ini relatif sulit Tersedia di pasaran dengan harga yang cukup tinggi.
- c. Penelitian ini juga mencoba menggunakan material semen dan pasir, Namun, ia memiliki keterbatasan pada permukaan cetakan yang cukup rapuh Ini dapat dengan mudah rusak selama pembongkaran. Selain itu cetakan yang dihasilkan juga memiliki massa yang relatif lebih besar Ini berat dibandingkan dengan bahan lainnya.
- d. Cetakan yang diproduksi menggunakan bahan plastik termoset memiliki Permukaannya relatif halus dan kualitasnya relatif ringan Dibandingkan dengan bahan sebelumnya, dan proses pembongkaran sederhana. Oleh karena itu, peneliti memilih materi ini sebagai materi OD mati karena membuat pipa.

Adapun penyesuaian standar pipa PVC, Pengembangan teknis dan adaptasi terhadap standar yang ada adalah sebagai berikut:

- a. Bahannya harus tahan terhadap air, dan tidak terekstraksi oleh air dan tidak mengandung bahan beracun (tidak beracun).
- b. Bau dan rasa tidak dapat dideteksi (normal).
- c. Warna pipa PVC umumnya abu-abu, kecuali ada permintaan secara khusus, permukaan dinding luar dan dalam harus licin/halus dan rata, tidak ada ada cacat berbahaya seperti retak, tumpukan dan cacat lainnya
- d. Uji kekuatan tarik minimum pada 200C adalah 44 N/mm² (450 kgf/cm²), regangan putus minimum pada 200C adalah 80%.

Ukuran, berat, diameter, jadwal, ketebalan, dan toleransi telah distandarisasi dari berbagai jenis dan bahan pipa. Beberapa organisasi dan lembaga yang telah mengembangkan standar tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ukuran Pipa SN

NB. INCH	O.D	5S	5	10S	10	20	30	STD4 OS	40	60	XS/ 80S	80	100	120	140	160	XXS
1/8	10.27		0.09	1.24	1.24			1.73			2.41						
1/4	13.72		1.24	1.65	1.65			2.23			3.02						
3/8	17.15		1.24	1.65	1.65			2.31			3.20						
1/2	21.34	1.65	1.65	2.11	2.11			2.77			3.73					4.75	7.47
3/4	26.67	1.65	1.65	2.11	2.11			2.87			3.91					5.54	7.82
1	33.40	1.65	1.65	2.77	2.77			3.38			4.55					6.35	9.09
1-1/4	42.16	1.65	1.65	2.77	2.77			3.56			4.85					6.35	9.70
1-1/2	48.26	1.65	1.65	2.77	2.77			3.68			5.08					7.14	10.16
2	60.33	1.65	2.7	2.77	2.77			3.91			5.54					8.71	11.07
2-1/2	73.03	2.11	2.11	3.05	3.05			5.16			7.01					9.53	14.02
3	88.90	2.11	2.11	3.05	3.05			5.49			7.62					11.13	15.24
3-1/2	101.60	2.11	2.11	3.05	3.05			5.74			8.08						16.15
4	114.30	2.11		3.05	3.05			6.02			8.56			11.13		13.49	17.12
5	141.30	2.77	2.77	3.40	3.40			6.55			9.53			12.70		15.88	19.05
6	168.30	2.77	2.77	3.40	3.40			7.11			10.91			14.27		18.24	21.95
8	219.10	2.77		3.76	3.76	6.35	7.04	8.18		10.31	12.70		15.06	18.24	20.62	23.01	22.23
10	273.05	3.40	2.77	4.19	4.19	6.35	7.80	9.27		12.70	12.70	15.06	18.24	21.41	5.40	28.58	25.40
12	323.90	3.96	3.40	4.57	4.57	6.35	8.38	9.53	10.31	14.27	12.70	17.54	21.41	25.40	28.58	33.32	25.40
14	355.60	3.96		4.78	6.35	7.92	9.53	9.53	11.13	15.06	12.70	19.05	23.80	27.76	31.75	35.71	
16	406.40	4.19	3.95	4.78	6.35	7.92	9.53	9.53	12.70	16.66	12.70	21.41	26.19	30.94	36.53	40.46	
18	457.20	4.19		4.78	6.35	7.92	11.13	9.53	14.27	19.05	12.70	23.80	29.36	34.93	39.67	45.24	
20	508.00	4.78		5.54	6.35	9.53	12.70	9.53	15.06	20.26	12.70	26.19	32.54	38.10	44.45	49.99	
22	558.80	4.78		5.54	6.35	9.53	14.27	9.53	15.90	22.22	12.70	28.60	34.90	41.30	47.60	54.00	
24	609.60	5.54		6.35	6.35	12.70		9.53	17.45	24.59	12.70	30.94	38.89	46.02	52.37	59.51	
26	650.40				7.92	12.70	15.88	9.53			12.70						
28	711.20				7.92	12.70	15.88	9.53			12.70						
30	762.00	6.35		7.92	7.92	12.70	15.88	9.53			12.70						
32	812.80				7.92	12.70	15.88	9.53	17.48		12.70						
34	863.60				7.92	12.70	15.88	9.53	17.48		12.70						
36	914.40				7.92	12.70	15.88	9.53	19.05		12.70						
42	1066.8	0.35			7.95			9.53			2.70						

2.1.1. Pengertian Pipa

Pipa adalah komponen silinder yang digunakan untuk mendorong fluida bertekanan yang dirancang sedemikian rupa spesifikasi bahan tertentu. Secara umum, pipa dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu pipa tanpa sambungan (seamless) dan pipa dengan sambungan las (welded), pipa merupakan saluran tertutup sebagai sarana distribusi transportasi fluida, sebagai sarana transportasi energi dalam aliran. pipa itu biasa digunakan pada proses dan pembangkit listrik yaitu pipa baja (*stell pipe*) dan pipa besi (*iron pipe*).

1. Pipa seamless

Pipa semu terbuat dari bahan silinder padat, yang lalu dibor bagian tengahnya, sedangkan bagian luarnya bergulir dilakukan.

2. Pipa dengan sambungan las

Pipa las terbuat dari bahan plat yang digulung kemudian dilas pada kedua ujungnya. Proses pengelasan ini bisa dibagi menjadi:

- *Electric resistance welding (ERW)*, berdasarkan hambatan listrik (elektroda leleh).
- *Pengelasan fusi listrik (EFW)*, dengan memanaskan *filter* logam dengan gas.

Meskipun pipa mulus dan dilas digunakan dalam industri perpipaan, tetapi pipa seamless umumnya digunakan pada tekanan tinggi. Jika pipa dilas digunakan pada tekanan tinggi, maka perhitungan harus dilakukan.

2.1.2. Macam-Macam Pipa

1. Pipa las spiral (*spiral welding pipe*)

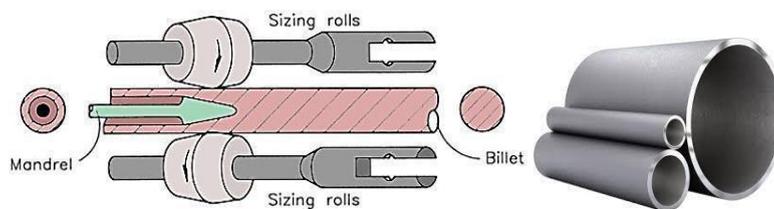
Pipa las spiral dibuat dengan memutar strip logam (pelat panjang dengan lebar sempit dan selotip) dan menjadi bentuk spiral, lalu dilas ujung-ujung sambungan satu dengan lainnya sehingga membentuk sambungan pipa. Jenis pipa ini jarang digunakan dalam sistem perpipaan, karena pipa jenis ini biasanya digunakan pada tekanan rendah karena ketebalan pipa tipis. Pipa las spiral ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 spiral welding pipe

2. Pipa tanpa sambungan (*seamless pipe*)

Pipa mulus ini dibuat dengan menusuk batang baja mendekati suhu cairan melalui mandrel yang merupakan pipa itu tidak ada hubungannya. Pipa mulus ditunjukkan seperti yang ditunjukkan 2.2.



Gambar 2.2. seamless pipe

3. Pipa dilas (*butt-welded pipe atau straight welded pipe*)

Dibuat dengan memasukkan hot plate melalui pembentuk rol bentuk) yang akan menggulungnya menjadi bentuk batang pipa berlubang. Tekanan yang sangat kuat akan terjadi pada kedua sisi pelat sambungan las. Pipa yang dilas ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Butt-welded pipe

4. Tubing

Tubing adalah benda berbentuk silinder yang memiliki lubang di tengahnya fluida yang mengalir. Tubing lebih kecil dari pipa selain itu tubing lebih fleksibel dan mudah dibentuk di dibandingkan dengan pipa. Tubing sering digunakan pada pipa penukar panas (shell dan penukar panas tabung) dan sambungan instrumen seperti pemasangan meteran suhu, tekanan, sistem kontrol hidrolik atau pneumatik. Tabung ditampilkan sebagai gambar 2.4.



Gambar 2.4. Tubing

5. Flange

Flange adalah mekanisme yang menghubungkan antar elemen atau perpipaan peralatan, yaitu antara dua pipa, peralatan, fitting atau katup, bejana tekan, dan lainnya dapat dihubungkan bersama. Flange tersedia dalam berbagai bentuk, tekanan, peringkat, dan ukuran untuk memenuhi persyaratan desain. Flensa ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Flange

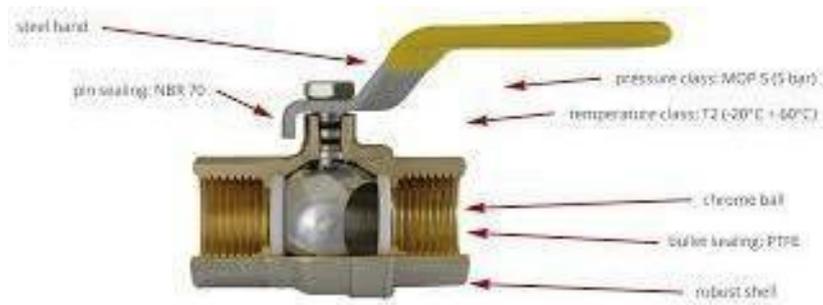
6. Katup (*valpe*)

Salah satu komponen penting dalam sistem perpipaan adalah valve (katup). Katup adalah alat yang berfungsi untuk mengatur aliran sesuatu fluida dengan cara menutup, membuka atau menghalangi sebagian jalur aliran cairan. Disini hanya akan dibahas mengenai valve yang umum digunakan di kilang, katup antara lain:

1. Katup bola (*ball valve*)

Bentuk penyekat katup jenis ini berbentuk bola yang menyerupai lubang menerobos ditengahnya. Katup ini dapat dengan cepat ditutup. Ball valve ditunjukkan seperti pada gambar 2.6.

Gambar 2.6 Ball valve



2. Katup kupu-kupu (*butterfly valve*)

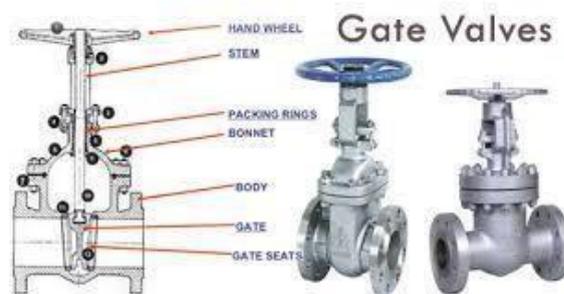
Jenis ini hanya digunakan sebagai stop valve untuk tekanan rendah dan memberikan pressure drop yang rendah sehingga tidak dapat digunakan untuk mengatur tekanan dan kapasitas aliran. Katup kupu kupu yang dipertunjukkan seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Butterfly valve

3. Katup pintu (*gate valve*)

Katup ini mempunyai bentuk penyekat berupa piringan atau busa digerakkan keatas dan bawah untuk membuka dan menutup. Bisa juga digunakan untuk posisi buka atau tutup sempurna. *Gate valve* ditunjukkan seperti gambar 2.8.



Gambar 2.8 Gate valve

4. Katup dunia (*globe valve*)

Katup jenis ini digunakan untuk mengatur jumlah aliran fluida. Kursi katup sejajar dengan aliran, sehingga membuat katup globe efisien mengatur ukuran aliran dengan minimum erosi lempeng dan berdiri. Katup globe ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Globe valve

5. Sambungan (*fitting*)

Penyambungan (*fitting*) merupakan bagian dari suatu instalasi perpipaan yang berfungsi sebagai penghubung antar pipa dan sebagai ujung fitting pipa atau outlet. Jenis sambungan pipa meliputi:

1. Siku (*elbow*)

Sambungan siku adalah jenis *fitting* yang merupakan komponen perpipaan yang berfungsi untuk merubah arah aliran fluida. *Elbow* terdiri dari 3 jenis yang paling umum digunakan yaitu *elbow* 45°, 90° dan 180°. *Fitting elbow* ditunjukkan seperti pada gambar 2.10.

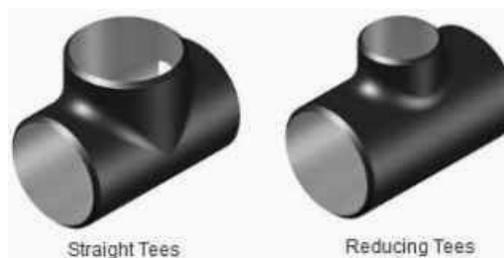


Gambar 2.10 Fitting elbow 90°, 45° dan 180°

2. Sambungan Tee

Sambungan Tee berfungsi untuk membagi aliran, biasanya cabang ini memiliki ukuran diameter yang sama dengan ukuran diameter pipa utamanya, dengan nama lain *straight tee* untuk ukuran diameter yang sama, sedangkan jika ukuran berbeda maka namanya *tee* reduser. Sambungan *Tee* ditunjukkan seperti pada gambar 2.11.

Gambar 2.11 Fitting straight tee dan reducing tee



3. Sambungan pemerkecilan (*reducer*)

Jenis ini berfungsi untuk mengurangi aliran fluida. Mengurangi disini bukan berarti seperti katup (*valve*), tetapi ukuran pipanya saja yang berkurang. Sehingga

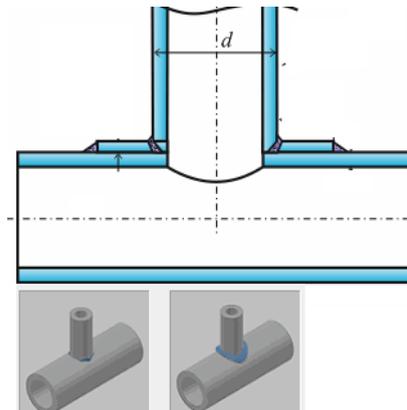
reducer ini berfungsi untuk menyambungkan pipa dari diameter yang lebih besar ke pipa yang memiliki diameter lebih kecil. *Reducer* ditunjukkan seperti pada gambar 2.12.

Gambar 2.12 Fitting concentric reducer dan eccentric reducer



4. Sambungan stup-in

Tipe ini memiliki fungsi yang sama dengan tee yaitu membagi arah aliran. Perbedaan adalah jika item tee terpisah dan menggabungkan beberapa pipa tetapi stupin langsung bercabang dari pipa utama yang fungsinya untuk menggantikan peredam tee. Koneksi stup-in ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Fitting stup-in

5. Sambungan *Cap*

Fitting cap berfungsi untuk menghentikan aliran pada ujung pipa. *Fitting* ini dilas langsung pada bagian pipa utama. Sambungan *cap* ditunjukkan seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Fitting cap*

2.1.3. Material Pipa

Material-material pipa secara umum adalah *carbon steel*, *carbon moly*, *galvanees*, *ferro nikel*, *stainless steel*, *PVC* (paralon), *chrome moly*, *viber glass*, *aluminum* (aluminium), *wrought iron* (besi tanpa tempa), *copper* (tembaga), *red brass* (kuningan merah), *nickel copper monel* (timah tembaga), *nickel chrom iron inconel* (besi timah chrom). Dalam industri, material pipa yang paling umum digunakan adalah *carbon steel*.

2.2. Komposit

Komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan alloy/ paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada alloy/ paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Bahan komposit pada umumnya tersusun dari dua bahan utama, yaitu matrik dan penguat. Matrik berfungsi sebagai media penyebar tegangan yang terjadi pada suatu elemen mesin sehingga merata keseluruhan bagian. Selain itu matrik juga berfungsi sebagai pelindung dan peredam bahan penguat dari tegangan langsung akibat pembebanan yang dialami. Bahan penguat berfungsi sebagai struktur penguat yang mampu meningkatkan kekuatan bahan komposit yang dibentuk. Bahan penguatan biasanya dalam bentuk serat (*fiber*), serbuk, serpihan, atau anyaman. Komposit merupakan bahan teknik rekayasa yang banyak dikembangkan karena bahan ini mampu menggabungkan beberapa sifat material yang berbeda karakteristiknya menjadi sebuah sifat mekanik yang baru sesuai dengan desain

yang direncanakan. Desain produk adalah perubahan atau penggantian informasi yang mencirikan terhadap kebutuhan dan persyaratan sebuah produk untuk menjadi pengetahuan tentang produk tersebut. Penggantian informasi ini bertujuan untuk menciptakan dan mengevaluasi produk sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

Suatu desain produk yang baik dapat menghasilkan pengembangan produk yang baik pula. Desain didasarkan pada kelebihan produk, praktis dalam pembuatan, biaya fabrikasi yang relatif lebih murah, serta teknik pemasaran. Sementara pada faktor utama dari kegiatan desain produk adalah dimana desain produk tersebut memenuhi persyaratan yang dibutuhkan pelanggan. Prinsip dasar proses desain adalah:

- a. Untuk mengurangi pemakaian material.
- b. Proses daur ulang (*recycle*).
- c. Adanya ketidaksesuaian dengan kebutuhan.
- d. Untuk menghindari kerja ulang (*rework*) terhadap produksi
- e. Untuk kebutuhan efisiensi dan kesesuaian terhadap standar.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain cetakan pipa komposit serat durian dan bahan-bahan lain yang diperlukan. Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material yang dapat diatur kekuatannya sesuai dengan kehendak kita. Hal ini dinamakan *tailoring properties* dan ini adalah salah satu sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya. Selain itu komposit tahan terhadap korosi yang tinggi serta memiliki ketahanan yang tinggi pula terhadap beban. Oleh karena itu, untuk bahan serat yang digunakan bahan yang kuat, kaku, dan getas, sedangkan bahan matriks dipilih bahan-bahan yang liat dan lunak. (Hadi, 2001). Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

- a. jenis bahan-bahan penyusun, yaitu bahan serat yang akan digunakan seperti serat sabut kelapa, serat durian, ijuk, serat nanas, serat pisang, serat tebu, cangkang kelapa sawit dan lain-lain.
- b. bentuk geometris dan struktur bahan penyusun, yaitu bentuk dari serat, setakan, dan struktur bahan-bahan penyusun dalam pembuatan material komposit.
- c. rasio perbandingan bahan-bahan penyusun, yaitu perbandingan bahan yang akan digunakan untuk menghasilkan material komposit yang baru dan baik.

- d. daya lekat antar bahan-bahan penyusun, merupakan kemampuan serat untuk saling mengikat antar bahan penyusunnya.
- e. proses pembuatan, pada proses ini perlu diperhatikan langkah-langkah dalam membuat material baru sehingga diperoleh material yang baik dan sesuai dengan standar.

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

- Bobot ringan.
- Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
- Biaya produksi murah.
- Tahan korosi

2.3. Serat

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat memiliki dua jenis yaitu serat organik dan serat sintetis. Serat organik merupakan serat yang terjadi secara alamiah meliputi serat yang diproduksi oleh tumbuh-tumbuhan dan hewan. Serat dengan jenis ini bersifat dapat mengalami pelapukan. Serat alami dapat digolongkan ke dalam beberapa pengelompokan, yaitu:

1. Serat tumbuhan

Serat tumbuhan biasanya tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan terkadang juga mengandung lignin. Contoh dari serat jenis ini yaitu katun dan kain ramie, sabut kelapa, serat pinang, ampas tebu, ijuk, batang pisang dan lainnya. Serat tumbuhan digunakan sebagai bahan pembuat kertas dan tekstil.

2. Serat kayu

Serat kayu berasal dari tumbuhan berkayu. Seterti kayu dari pohon kelapa, pinang dan lain sebagainya.

3. Serat hewan

Serat hewan umumnya tersusun atas protein tertentu. Contoh dari serat hewan yang dimanfaatkan oleh manusia adalah serat laba-laba (sutra) dan bulu domba (wol).

4. Serat mineral

Serat mineral umumnya terbuat dari asbeston dimana saat ini asbeston merupakan satu-satunya mineral yang secara alami terdapat dalam bentuk

serat panjang.

5. Serat sintetis

Serat sintesis atau serat buatan manusia umumnya berasal dari bahan petrokimia.

2.4. Serat Durian

Buah durian termasuk buah musiman. Kulit buah durian bila diolah lebih lanjut dapat di buat menjadi selat selulosa yang dapat dijadikan sebagai pengisi alami pada komposit polyester tidak jenuh. Diantara berbagai jenis serat alam,serat kulit durian merupakan salah satu alternatif filler komposit polymer. Kulit durian dapat diperoleh dengan mudah karena merupakan limbah keluarga yang belum dimanfaatkan. Selama ini bagian buah durian yang lebih umum di komsumsi adalah dagingnya. Presentase berat bagian ini termasuk rendah yaitu 20-35%. Hal ini berarti kulit (60-75%) dan biji (5-15%) belum termanfaatkan secara maksimal.(Arthur yanny leiwakabessy, Benjamin G. Tertua.2021)

2.5. Pengertian Pipa Elbow

Elbow adalah jenis pipa yang pertama, Pipa elbow merupakan komponen perpipaan yang berfungsi untuk membelokan arah aliran fluida. Pipa Elbow terdiri dari dua jenis yang paling umum yaitu 45 dan 90 . Untuk memperoleh sudut diatas terkadang elbow tersebut dipotong atau bisa juga menggunakan dua elbow yang disatukan untuk memperoleh sudut tertentu. Dipasaran Elbow dibagi menjadi dua tipe, Tipe *short radius* dan *long radius*. Namun umum nya digunakan long radius yang memiliki diameter belokan 1,5 kali NPS (*nominal pipe size*) ada pula yang sampai dengan 3D atau bahkan 6D yang biasa digunakan untuk flare. Gambar pipa elbow dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15. Elbow

Pada penelitian ini akan dibuat fitting elbow dari bahan limbah seperti serat tebu dan cangkang kelapa sawit yang nantinya akan memudahkan masyarakat untuk membuat material tersebut. Bahan ini berbeda dengan fitting elbow yang dijual dipasaran yang menggunakan plastik yang akan merusak lingkungan, lebih tepatnya material ini lebih ramah lingkungan dan mudah terurai dikarenakan dari bahan yang alami. Pada penelitian ini adapun material resin epoksi yang berfungsi sebagai pengikat pada komposit. Matriks (*resin*) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matrik *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan. Selain harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79oC atau lebih tinggi tergantung partikel resin dan keperluannya (Schwartz, 1984).

Nantinya limbah serat tebu dan Cangkang kelapa sawit dibersihkan dan dikeringkan, kemudian dilakukan proses blending untuk mengubah serat tebu dan cangkang kelapa sawit menjadi partikel dengan ukuran berkisar 420 – 595 μ m dan akan direkatkan menggunakan resin. Setelah itu akan dilakukan pengujian-pengujian dimana akan menentukan material tersebut siap pakai dan digunakan masyarakat. Salah satunya pengujian tekan, Pengujian tekan bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan perlakuan memberikan beban tarik secara perlahan sampai material komposit mengalami putus. Kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Temperatur, apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya turun.
2. Kelembaban, pengaruh kelembaban ini mengakibatkan bertambahnya absorpsi air, akibatnya menaikkan regangan patah.
3. Laju tegangan, apabila laju tegangan kecil maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisnya rendah. Sedangkan jika laju tegangan tinggi maka beban patah dan modulus elastisnya meningkat, tetapi regangan mengecil.

2.6. Pengujian Tekan

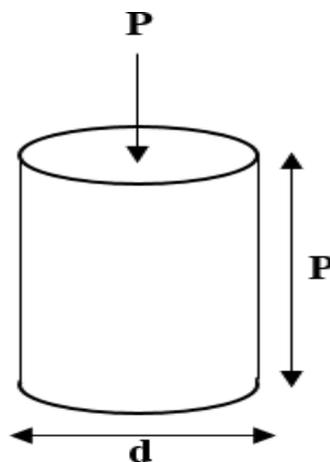
Uji tekan adalah suatu alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan. Uji tekan ini memiliki kinerja yang bagus dan berkualitas untuk mengetahui kekuatan benda. Alat atau mesin yang biasanya digunakan untuk mengukur kekuatan benda bernama Universal Testing Machine. Alat tersebut menggunakan prinsip uji tekan untuk mengukur kekuatan benda. Alat tersebut menggunakan prinsip pengujian yang memberikan gaya tekan pada objek atau benda yang akan diuji sampai benda tersebut retak atau patah. Setelah proses uji tekan selesai, maka akan keluar data analisa struktur dan kekuatan benda sejak pertama kali benda diuji sampai benda tersebut patah atau retak. Dari data tersebut bisa dilihat besarnya kekuatan benda dan juga bisa ditentukan standarisasi pada benda tersebut. (Sari, 2009)

Namun, untuk menggunakan Universal Testing Machine memang diperlukan pengetahuan untuk membaca data-data yang dihasilkan. Pasalnya, data yang diambil dari Universal Testing Machine berupa grafik yang keluar di layar monitor untuk menunjukkan hasil test dari benda yang diuji. Dengan melakukan uji tekan menggunakan Universal Testing Machine bisa menganalisa kekuatan dan sifat pada suatu benda. Untuk ukuran dari mesinnya bisa disesuaikan dengan kebutuhan dan luas tempat yang anda miliki. (Prasetya, 2018)



Gambar 2. 1. Uji Tekan

Standar Uji yang digunakan yaitu berbentuk specimen uji tekan berdasarkan Standart ASTM D695. Bentuk dan ukuran specimen uji dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2. 2. Specimen Uji Tekan Standart ASTM D695

ASTM D695 adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat tekan plastik yang tidak diperkuat dan diperkuat. Ini digunakan bersama dengan standar uji tarik yang setara, ASTM D638. Bersama-sama, ASTM D695 dan ASTM D638 menilai sifat material dasar polimer yang ditemukan di setiap industri dan bahkan setiap rumah tangga di seluruh dunia. Untuk memahami sepenuhnya pengaturan pengujian, prosedur, dan persyaratan hasil, penting untuk meninjau standar secara keseluruhan.

ASTM D695 memperoleh sifat kuat tekan suatu material, titik leleh tekan, dan modulusnya. Benda uji standar untuk penentuan kekuatan adalah silinder atau prisma siku-siku yang panjangnya dua kali lebar atau diameter utamanya. Jika benda uji terlalu tipis, jig penyangga anti tekuk harus digunakan untuk mencegah benda uji tekuk. (R.Hernandez.et.al 2016)

Berikut persamaan perhitungan hubungan tegangan dan regangan pada beban tekan secara manual dalam menentukan nilai pengujian komposit untuk menentukan kekuatan tekan yang digunakan pada kurva.

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana:

σ = Tegangan/Stress (MPa)

F = Beban (N)

A_0 = Luas area mula-mula (mm²)

Nilai regangan ini termasuk nilai regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan-regangan hasil uji tekan komposit.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Dimana:

ε = Regangan/Strain

Δl = Perubahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

Nilai modulus elastisitas merupakan perbandingan tegangan dan regangan pada daerah proporsional.

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\Delta \sigma$ = Perubahan tegangan (MPa)

$\Delta \varepsilon$ = Perubahan regangan

Sebelumnya sudah ada juga penelitian untuk membuat bumper beam mobil yang berahan material dari hasil limbah tandan kosong kelapa sawit dan diuji menggunakan metode *impact* (pengujian tekan) di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Material yang dikembangkan pada penelitian ini yaitu komposit busa polimer (*polymeric foam*) diperkuat serbuk TKKS sebagai bahan teknik alternatif. Komposit ini menggunakan unsaturated *polyester resin* (UPR) sebagai matrik dan serbuk TKKS yang telah melalui treatment serta serbuk aluminium oksida (Al_2O_3), sebagai penguat (*filler*). *Poliuretan* digunakan sebagai *blowing agent* dengan perbandingan *isocyanate* 60% dan *polyol* 40%. Katalis digunakan untuk mempercepat proses polimerisasi struktur komposit. Pada penelitian ini, telah dilakukan pengamatan terhadap penambahan serbuk aluminium dioksida terhadap sifat fisik dan mekanik pada *bumper beam*. (Rini Dini Wanti Lubis, 2020)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada tempat dan waktu yang telah ditentukan untuk menunjang keberlanjutan penelitian. Selanjutnya, dilakukan penjadwalan secara teratur agar penelitian dapat selesai tepat pada waktunya.

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing dimulai dari awal hingga akhir ditunjukkan pada tabel 3.1:

Tabel 3.1. Jadwal kegiatan saat penelitian.

No	Uraian Kegiatan	2022-2023												
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengajuan judul	■												
2	Studi literature		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Design rancangan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Pembuatan cetakan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Penyiapan alat dan bahan			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Pembuatan specimen				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Pengujian specimen					■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Penyelesaian Skripsi										■	■	■	■

3.2. Bahan Dan Alat

3.2.1. Bahan

1. Kulit durian

Kulit durian digunakan untuk bahan pembuatan eco-pot serat kulit durian. Dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3.1 Kulit Durian

2. Epoxy resin

Epoxy resin digunakan untuk memperekat serat kulit durian yang ingin di cetak. Dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Epoxy Resin

3. NaOH

Sebagai salah satu hidroksida paling sederhana, natrium hidroksida sering digunakan bersama air yang bersifat netral dan asam klorida. Dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 NaOH

4. Katalis hardener

Bahan yang memungkinkan terjadinya proses curing, yaitu proses pengerasan terhadap resin. Dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambir 3.4 katalis hardener

3.2.2. Alat

1. Timbangan digital

Timbangan badan digital adalah timbangan badan yang menggunakan sensor dan juga layar LCD sebagai penampil hasil pengukuran. Dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Timbangan digital

2. Gelas ukur

Yang digunakan untuk mengukur volume cairan. Dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6. Gelas Ukur.

3. Gelas plastic

Digunakan untuk pencampuran resin epoxy dan katalis hardener. Dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7. Gelas Plastic.

4. Cetakan pipa

Digunakan sebagai pembentuk adonan pipa agar menjadi bentuk yang diinginkan. 3.8



Gambar 3.8. Cetakan Pipa.

5. Silikon

Digunakan sebagai media pembuatan cetakan (mal) untuk pembuatan pipa elbow. Dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 silikon

6. Alumunium foil

Digunakan untuk membungkus cetakan pipa yang sudah dituangkan kedalam cetakan. Dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 aluminium coil

7. Gunting

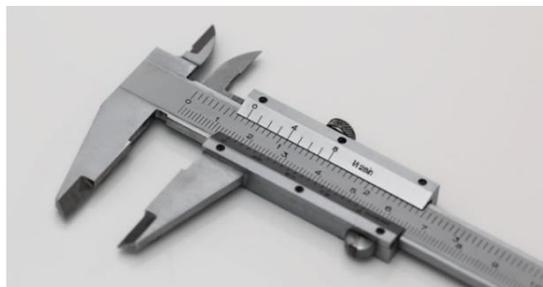
Digunakan untuk menggunting aluminium coil. Dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 gunting

8. Vernier caliper

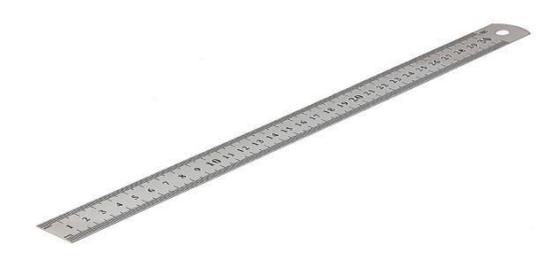
Alat ukur yang dapat digunakan untuk mengetahui panjang, diameter luar, dan diameter benda yang akan diukur. Dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 vernier caliper

9. Penggaris

Digunakan untuk mengukur panjang benda yang akan kita ukur. Dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 penggaris

10. Kertas Amplas

Digunakan untuk menghaluskan permukaan benda dengan cara menggosokkan permukaan kasarnya ke permukaan suatu benda. Dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 kertas amplas

11. Mikrometer sekrup

Alat yang digunakan untuk mengukur benda-benda berukuran kecil/tipis, atau yang berbentuk pelat dengan tingkat presisi yang cukup tinggi. Dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15. Mikrometer Sekrup

12. Alat Uji Tekan

alat yang digunakan untuk mengukur dan mengetahui kekuatan terhadap gaya tekan. Dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16. Alat Uji Tekan

3.3. Prosedur Pembuatan pipa elbow & Spesimen Uji Tekan

3.3.1. Preparasi serat Kulit Durian

1. Bersihkan kulit durian dari daging durian dan cuci hingga bersih
2. Potong kulit durian hingga berbentuk seperti serat, kemudian keringkan
3. Setelah kering, potong kembali kulit durian menjadi ukuran sekitar 0,5-3 cm
4. Rendam kulit durian pada NaOH selama 2 jam untuk menghilangkan getah dan minyak yang terkandung pada serat
5. Rendam kulit durian pada air selamam 7-10 jam hingga serat kulit durian menjadi lembek

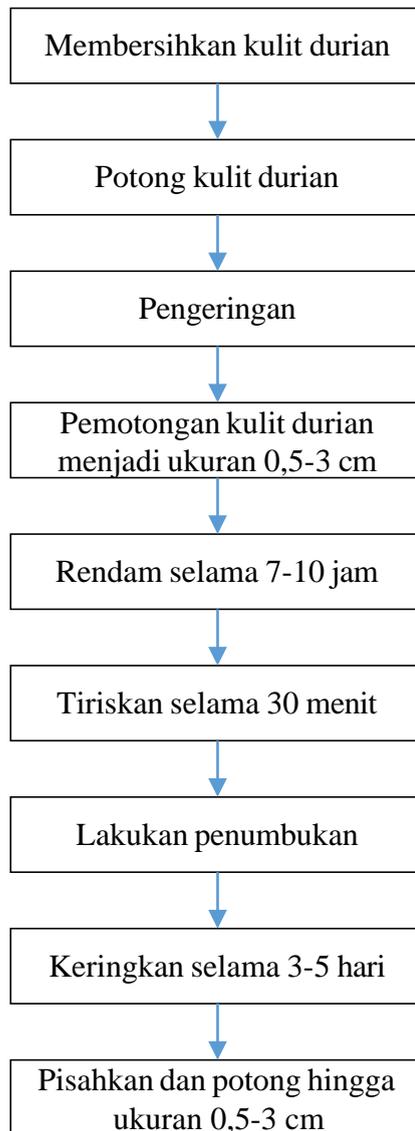
6. Tiriskan kulit durian selama 30 menit dan ditumbuk dengan menggunakan palu hingga serat dari kulit durian dapat terlihat dan terpisah
7. Keringkan dibawah sinar matahari selama 3-5 hari
8. Pisahkan serat kulit durian yang telah mengering menjadi ukuran 0,5-3 cm

3.3.2. Pembuatan pipa elbow Komposit serat Kulit Durian

1. Siapkan cetakan pot yang akan digunakan
2. Susun serat kulit durian secara acak (random) di dalam cetakan
3. Campurkan epoxy resin dan katalis hardener untuk mempercepat proses pengeringan
4. Tuangkan campuran tersebut sesuai takaran ke dalam cetakan
5. Tempatkan serat kulit durian yang telah disusun secara acak
6. Tuangkan kembali campuran resin diatas serat yang telah diletakkan pada cetakan. Penuangan campuran resin diusahakan dapat masuk kedalam serat
7. Tutup dengan kaca dan ditekan dengan balok
8. Lakukan pembuatan dengan jenis variasi yang berbeda, untuk mendapatkan komposisi yang tepat nantinya.
9. Lakukan pengeringan selaman 1-3 jam, namun dilanjutkan hika cetakan belum benar-benar kering dan mengeras
10. Ambil hasil cetakan dengan menggunakan pisau
11. Analisa dengan uji tekan

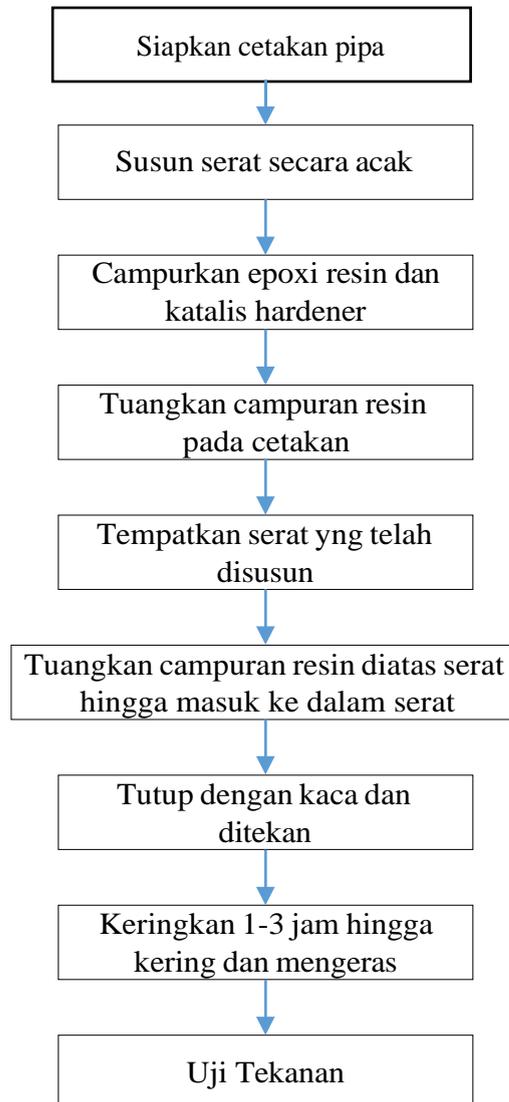
3.4. Diagram Pembuatan Pipa *Elbow*

3.4.1. Preparasi serat Kulit Durian



Tabel 3.2 Diagram Alir Preparasi Serat Kulit Durian

3.4.2. Pembuatan Komposit Fiber Kulit Durian



Tabel 3.3. Diagram Alir Pembuatan Komposit Serat Kulit Duri.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Langkah-langkah mempersiapkan serat kulit durian

Adapun langkah-langkah mempersiapkan serat kulit durian sebagai berikut:

1. Mempersiapkan wadah ember, air dan NaOH (soda api)
2. Ambil kulit durian durian lalu bersihkan sisa-sisa daging durian yang masih tersisa.
3. Potong kulit durian menjadi 3 sampai 4 bagian agar mudah nanti sewaktu penggilingan serat.
4. Rendam serat kulit durian yang sudah dipotong-potong dan letakkan di dalam ember yang sudah tercampur dengan NaOH lalu diamkan selama 1 hari.
5. Setelah didiamkan selama 1 hari, ambil kulit durian dan jemur hinggamongering selama 3-4 hari.
6. Setelah mengering kulit durian kemudian digiling menggunakan Mesin penggiling yang berada di Lab. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
7. Selanjutnya serat durian siap digunakan. Dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Serat Durian

4.2. Langkah-langkah pembuatan pipa sambungan elbow

Adapaun langkah-langkah pembuatan pipa sambungan *tee* dengan metode cor menggunakan serat kulit durian adalah sebagai berikut:

1. Siapkan cetakan pipa sambungan elbow yang sudah di buat menggunakan silikon, dapat di lihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Cetakan pipa sambungan *elbow*

2. Timbang serat kulit durian seberat 1,20 gram. Dapat di lihat gambar 4.3.



Gambar 4.3. Serat kulit durian seberat 0,59 gram

3. Tuang *epoxy resin* dan *catalys* ke dalam gelas ukur sebanyak 99,40 gram, setelah diaduk hingga rata di lihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.3. Penuangan resin sebanyak 99,40 gram

4. Campurkan *Epoxy resin*, *Catalys* dan serat kulit durian tadi lalu aduk hingga rata kemudian letakkan ke dalam cetakan. Dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.4. Proses pengecoran

5. Diamkan adonan yang telah di cetak, tunggu selama 2-3 hari.
6. Setelah adonan kering, buka cetakan menggunakan pisau, buka secara perlahan agar tidak pecah.
7. lalu setelah di buka rapikan bagian sisi-sisi yang kurang rata dengan gerinda, maka pipa sambungan tee telah selesai di buat.

4.3. Proses pembuatan spesimen

Dapat dilihat dibawah ini proses pembuatan spesimen uji tekan sebagai berikut:

1. Menimbang serat kulit durian
2. Buat cetakan menggunakan silikon.
3. Setelah cetakan silikon kering, letakkan serat kulit durian ke dalam cetakan.
4. Campurkan *epoxy resin* dan *catalys* yang telah di ukur menggunakan gelas.
5. Ukur lalu di aduk hingga *epoxy resin* dan *catalys* nya tercampur rata.
6. Kemudian tuang *epoxy resin* dan *catalys* yang sudah tercampur tadi ke dalam cetakan specimen secara perlahan. Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Proses Penuangan Spesimen

7. Setelah di tuang kedalam cetakan diamkan specimen selama 2-3 hari hingga mengeras.
8. Setelah mengeras lalu buka cetakan specimen secara perlahan.
9. Rapikan specimen menggunakan gerinda. Dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.5. Spesimen Uji

4.4. Pengujian uji tekan *compressive test*

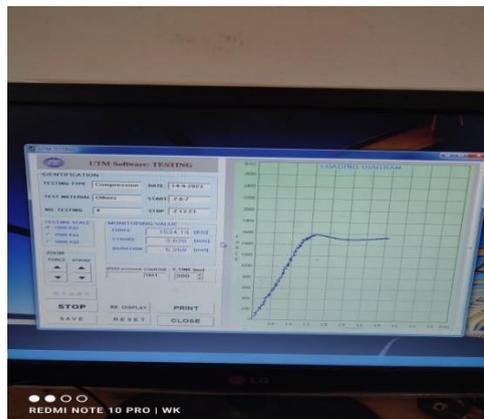
Berikut dibawah ini merupakan prosedur pengujian uji tekan, yaitu:

1. Proses pengujian pertama menyiapkan alat uji atau spesimen yang sudah di buat
2. kemudian membuka tutup *Universal Testing Machine (UTM)*
3. Setelah itu menyiapkan komputer dan menyambungkan nya ke mesin uji tekan.
4. Setelah tersambung dengan mesin, kemudian menyeting mesin uji tekan.
5. Setelah di *setting*, kemudian letakkan Spesimen uji di atas *anvil*. Dapat dilihat pada gambar 4.8.



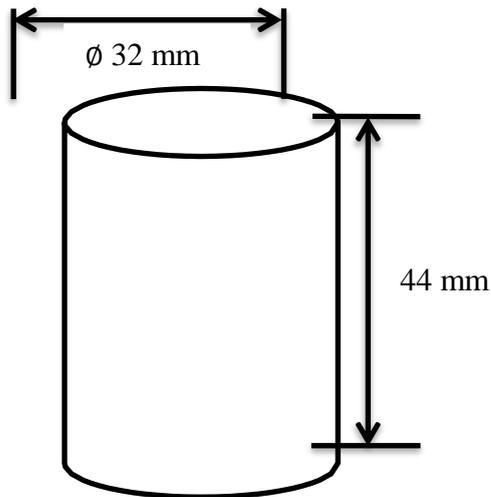
Gambar 4.6. Meletakkan Spesimen di atas anvil

6. lalu jalankan mesin menggunakan komputer
7. kemudian lihat grafik yang muncul di komputer dan lihat juga spesimen yang di uji, apakah sudah berubah bentuk atau belum.
8. ketika spesimen sudah berubah bentuk, maka matikan mesin dan kembalikan posisi *press* ke keadaan semula agar bias meletakkan kembali spesimen selanjutnya.
9. setelah didapatkan grafik atau data pengujian, maka selanjutnya melakukan data tertulis. Dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.7. Grafik yang dihasilkan ketika menguji spesimen

Spesimen uji komposit berfungsi sebagai benda yang akan di uji untuk mengetahui kekuatan tekan (kompresi), Spesimen uji komposit menggunakan serat kulit durian. Bentuk dan ukuran spesimen uji tekan dapat di lihat pada gambar 4.10.



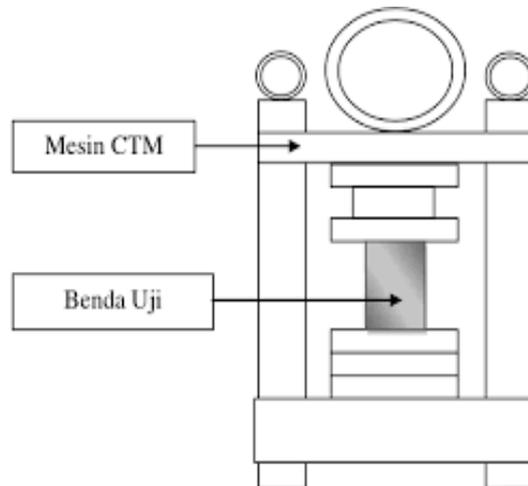
Gambar 4.10. Bentuk dan ukuran spesimen uji tekan

Keterangan ukuran dan bentuk spesimen uji tekan:

Diameter luar : 32 mm

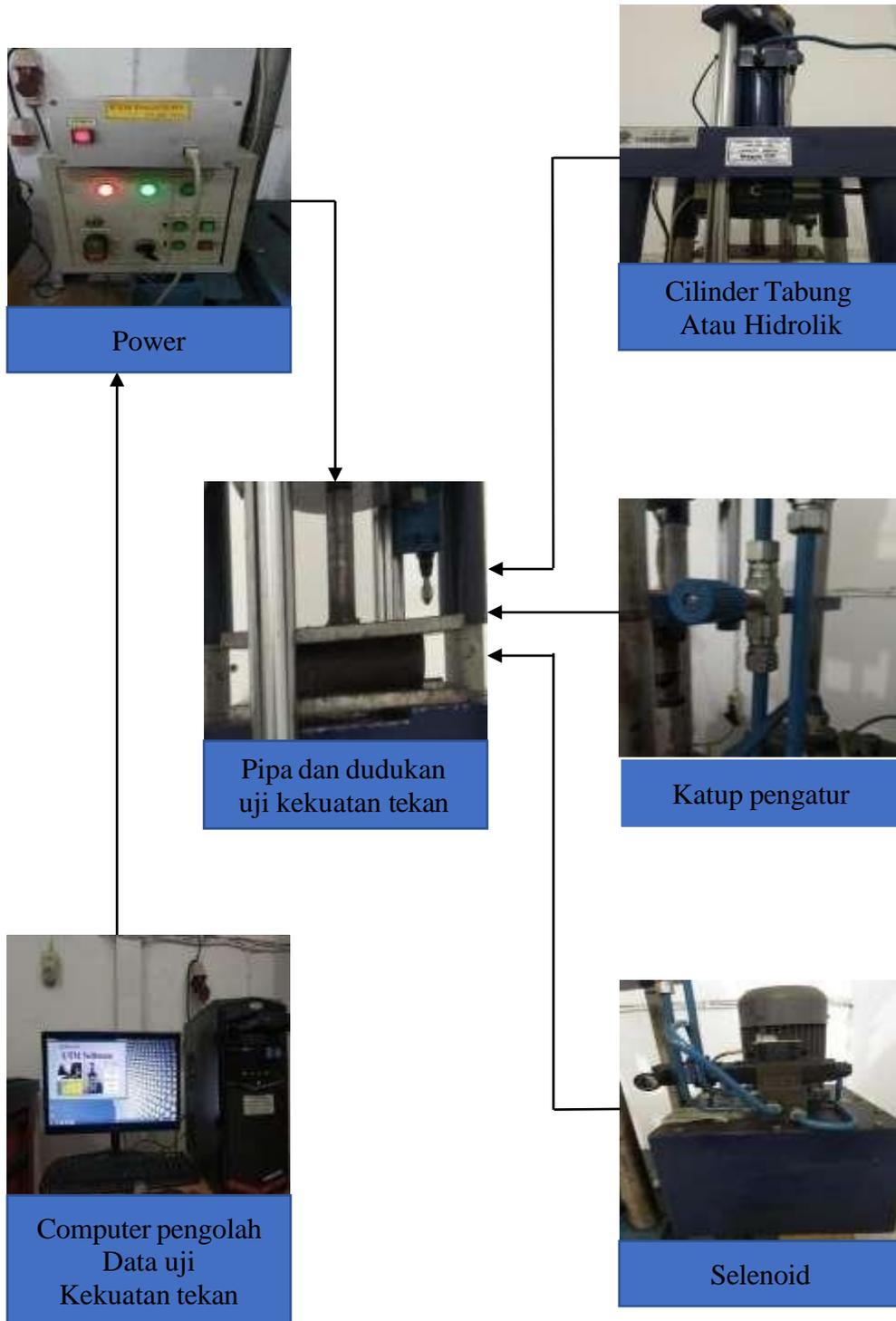
Tinggi : 44 mm

Skema Pengujian Tekan



Gambar 4.11. Skema pengujian tekan

Definisi dari Mesin Uji Kekuatan Tekan (UTM)



4.5. Hasil spesimen pengujian tekan

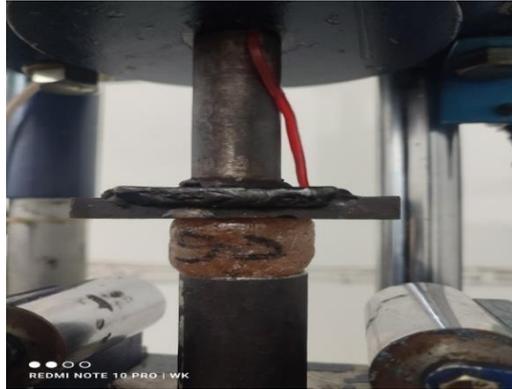
Berikut adalah hasil pengujian tekan dengan menggunakan 4 variasi specimen komposit berbahan serat kulit durian dengan komposisi yang berbeda dapat di lihat pada gambar 4.12, 4.13, 4.14, 4.15.



Gambar 4.8. Bentuk spesimen hasil dari pengujian tekan 0,30 gram serat duria : 50 gram resin



Gambar 4.9. Bentuk Spesimen hasil dari pengujian tekan 0,60 gram serat duria : 50 gram resin



Gambar 4.10. Bentuk spesimen hadil dari pengujian tekan 0,90 gram Serat duria : 50 gram resin



Gambar 4.11. Bentuk spesimen hadil dari pengujian tekan 1.20 gram serat duria : 50 gram resin

4.6. Hasil Data Uji Tekan Pipa Sambungan elbow

Prosedur percobaan pengujian pipa berbahan komposit serbuk cangkang kelapa sawit ini dilakukan dengan menggunakan alat uji Universal Testing Machine (UTM) yang berada di laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Pengujian dilakukan dengan cara di tekan. Dari pengujian tekan tersebut, dihasilkan data yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data Komposisi Rasio Epoxy Resin: Serat Kulit Durian

No	Berat Serat Kulit Durian	Banyak Epoksi resin yang digunakan	Berat spesimen kering	Diameter spesimen	Panjang Spesimen
1	0,59 gram	99,40gram	38,29 gram	32 mm	45 mm
2	0.59 gram	99,40gram	38,29 gram	32 mm	45 mm
3	0,59 gram	99,40gram	39,29 gram	32 mm	45 mm
4	1,18 gram	98,81gram	38,60 gram	32 mm	45 mm
5	1,18 gram	98,81gram	38,60 gram	32mm	45mm
6	1,18 gram	98,81gram	38,60 gram	32mm	45mm
7	1,76 gram	98,23 gram	39,28 gram	32mm	45mm
8	1,76gram	98,23 gram	39,28 gram	32mm	45mm
9	1,76 gram	98,23 gram	39,28 gram	32mm	45mm
10	2,34 gram	97,65 gram	39,38 gram	32mm	45mm
11	2,34 gram	97,65 gram	39,28 gram	32mm	45mm
12	2,34 gram	97,65 gram	39,83 gram	32mm	45mm

4.7. Analisa Data Uji Tekan

1. Komposisi Komposit dengan rasio 90 : 10

Tabel 4.2. Data Uji Tekan

No	Berat serat Kulit durian (gr)	Berat Resin (gr)	Panjang awal (mm)	Panjang akhir (mm)	Kekuatan (Kgf)
1	0,59	99,40	87	85	3216,28
2	0,59	99,40	87	86	768,68
3	0,59	99,40	87	84	3443,13

Untuk menghitung atau mencari nilai luas penampang, tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

Spesimen 1

Dik: $r = 16 \text{ mm}$

$$F = \text{Gaya (Maximum Force)} = 3216,28 \text{ kgf}$$

- a. Luas penampang

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 16^2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- b. Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{3216,28 \text{ kgf}}{100,48 \text{ mm}^2} \\ &= 32,0091 \text{ kgf} / \text{mm}^2 \end{aligned}$$

- c. Regangan

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\Delta l}{l_0} = \left(\frac{l - l_0}{l_0} \right) \\ &= \frac{43 - 45}{45} \end{aligned}$$

$$= -0,04444444$$

d. Modulus Elastis

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$
$$= \frac{32,00916 \text{ kgf/mm}^2}{-0,044444}$$

$$= -72,02062 \text{ kgf/mm}^2$$

Tabel 4.1. Data hasil perhitungan uji tekan spesimen 0,59 gram

Spesimen	Luas Penampang (mm)	Gaya (kgf)	Tegangan (kgf/mm ²)	Regangan	Modulus elastis (kgf/mm ²)
1	100,48	3216,28	32,0091	1,91	16,4149
2	100,48	768,68	7,6500	1,97	3,8831
3	100,48	3443,13	34,3668	1,93	17,8066

Pembahasan

Pada saat proses pengujian tekan pada sambungan pipa elbow komposit serat kulit, dengan spesimen 0,59 gram kulit durian terjadi gaya tegangan, regangan dan modulus elastis terhadap spesimen 1, 2 dan 3. Dengan adanya tekanan pada sambungan pipa yang berbeda pada setiap spesimen membuat spesimen mengalami perubahan. Yang dimana pada spesimen yang menerima nilai perolehan terendah diperoleh pada spesimen 2 dengan gaya 3079,68 kgf, tegangan 30,6304 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 15,2831 kgf/mm² dan nilai perolehan tertinggi diperoleh pada spesimen 3 dengan gaya 3443,13 kgf, tegangan 34,3668 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 17,8066 kgf/mm².

2. Komposisi Komposit dengan rasio 80 : 20

Tabel 4. 4 Data Uji Tekan

No	Berat serat Kulit durian (gr)	Berat Resin (gr)	Panjang awal (mm)	Panjang akhir (mm)	Kekuatan (Kgf)
1	1,18	98,81	87	86	1396,17
2	1,18	98,81	87	84	2920,44
3	1,18	98,81	87	83	1609,75

Untuk menghitung atau mencari nilai luas penampang, tegangan, regangan dan modulus elastisitas

Spesimen 1

Dik: r = 16 mm

F = Gaya (*Maximum Force*) = 1396,17 kgf

a. Luas penampang

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 16^2 \\ &= 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{1396,17 \text{ kgf}}{100,48 \text{ mm}^2} \\ &= 13,8950 \text{ kgf / mm}^2 \end{aligned}$$

c. Regangan

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\Delta l}{l_0} = \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right) \\ &= \frac{44 - 45}{45} \\ &= -0,02222222 \end{aligned}$$

d. Modulus Elastis

$$\begin{aligned} E &= \frac{\sigma}{\epsilon} \\ &= \frac{13,895 \text{ kgf/mm}^2}{-0,02222222} \\ &= -625,27506 \text{ kg f / mm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Data uji tekan spesimen 1,18 gram

Spesimen	Luas Penampang (mm)	Gaya (kgf)	Tegangan (kgf/mm ²)	Regangan	Modulus elastis (kgf/mm ²)
1	100,48	1396,17	13,8950	2,2	6,3159
2	100,48	2920,44	29,0648	1,93	15,0594
3	100,48	1609,75	16,0206	1,91	8,3877

Pembahasan :

Pada saat proses pengujian tekan pada sambungan pipa elbow komposit serat kulit, dengan spesimen 1,18 gram kulit durian terjadi gaya tegangan, regangan dan modulus elastis terhadap spesimen 1,2 dan 3. Dengan adanya tekanan pada sambungan pipa yang berbeda pada setiap spesimen membuat spesimen mengalami perubahan. Yang dimana pada spesimen yang menerima nilai perolehan terendah diperoleh pada spesimen 1 dengan gaya 1396,17 kgf, tegangan 13,8950 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 6,3159 kgf/mm² dan nilai perolehan tertinggi diperoleh pada spesimen 3 dengan gaya 1609,75 kgf, tegangan 16,0206 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 8,3877 kgf/mm².

3. Komposisi Komposit Dengan Rasio 70 : 30

Tabel 4.3. Data uji tekan

No	Serat Kulit durian (gr)	Epoksi Resin (gr)	Panjang awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Kekuatan (kgf)
1	1,76	98,23	87	85	104,05
2	1,76	98,23	87	82	1563,32
3	1,76	98,23	87	84	2641,85

Spesimen 1

Dik: r = 16 mm

F = Gaya (*Maximum Force*) = 104,05 kgf

a. Luas penampang

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 16^2$$

$$= 100,48 \text{ mm}^2$$

b. Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{104,05 \text{ kgf}}{100,48 \text{ mm}^2} \\ &= 1,0355 \text{ kgf} / \text{mm}^2\end{aligned}$$

c. Regangan

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta l}{l_0} = \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right) \\ &= \frac{43-45}{45} \\ &= -0,044444\end{aligned}$$

d. Modulus Elastis

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{1,03553 \text{ kgf/mm}^2}{-0,0444444} \\ &= -2341,12734 \text{ kgf/mm}^2\end{aligned}$$

Tabel 4.4. Hasil perhitungan uji tekan spesimen 0,1,76 gram

Spesimen	Luas Penampang (mm)	Gaya (kgf)	Tegangan (kgf/mm ²)	Regangan	Modulus elastis (kgf/mm ²)
1	100,48	104,05	1,0355	1,95	0,5310
2	100,48	1563,32	15,5585	1,88	8,2757
3	100,48	2641,85	26,2922	1,93	13,6229

Pembahasan

Pada saat proses pengujian tekan pada sambungan pipa elbow komposit serat kulit, dengan spesimen 1,76 gram kulit durian terjadi gaya tegangan, regangan dan modulus elastis terhadap spesimen 1, 2 dan 3. Dengan adanya tekanan pada sambungan pipa yang berbeda pada setiap spesimen membuat spesimen mengalami perubahan. Yang dimana pada spesimen yang menerima nilai perolehan terendah diperoleh pada spesimen 1 dengan gaya 104,05 kgf, tegangan 1,0355 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 0,5310 kgf/mm² dan nilai perolehan tertinggi diperoleh pada spesimen 3 dengan gaya 2641,85 kgf, tegangan 26,2922 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 13,6229 kgf/mm².

4. Komposisi Komposit Dengan Rasio 60 : 40

Tabel 4.5. Data Uji Tekan

No	Serat Kulit durian (gr)	Epoksi Resin (gr)	Panjang awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Kekuatan (kgf)
1	2,34	97,65	87	84	1377,60
2	2,34	97,65	87	86	3517,42
3	2,34	97,65	87	87	2193,46

Spesimen 1

Dik: r = 16 mm

F = Gaya (*Maximum Force*) = 1377,60 kgf

a. Luas penampang

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot r^2 \\
 &= 3,14 \cdot 16^2 \\
 &= 100,48 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Tegangan

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{1377,60 \text{ kgf}}{100,48 \text{ mm}^2} \\
 &= 13,7101 \text{ kgf / mm}^2
 \end{aligned}$$

c. Regangan

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{\Delta l}{l_0} = \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right) \\
 &= \frac{42-45}{45} \\
 &= -0,06666667
 \end{aligned}$$

d. Modulus Elastis

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{\sigma}{\epsilon} \\
 &= \frac{13,7101911 \text{ kgf/mm}^2}{-0,0666666} \\
 &= -20,56529 \text{ kgf / mm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6. Data Hasil Perhitungan Uji Tekan Spesimen 2,34 gram

Spesimen	Luas Penampang (mm)	Gaya (kgf)	Tegangan (kgf/mm ²)	Regangan	Modulus elastis (kgf/mm ²)
1	100,48	1377,60	13,7101	1,93	7,1036
2	100,48	3517,42	35,0061	2,2	15,9118
3	100,48	2193,46	21,8298	1	21,8298

Pembahasan:

Pada saat proses pengujian tekan pada sambungan pipa elbow komposit serat kulit, dengan spesimen 2,34 gram kulit durian terjadi gaya, tegangan, regangan dan

modulus elastis terhadap spesimen 1,2 dan 3. Dengan adanya tekanan pada spesimen sambungan pipa yang berbeda pada setiap spesimen membuat spesimen mengalami perubahan. Yang dimana pada spesimen yang menerima nilai perolehan terendah diperoleh pada spesimen 1 dengan gaya 1377,60kgf, tegangan 13,7101 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 7,1036kgf kgf/mm² dan nilai perolehan tertinggi diperoleh pada spesimen dengan gaya 3517,42 kgf, tegangan 35,0061 kgf/mm² dan modulus elastis sebesar 15,9118 kgf/mm².

4.5. Grafik Kekuatan Uji Tekan Pada Pipa Komposit

Grafik ini diketahui saat pengujian pipa komposit dan pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji Universal Testing Machine (UTM) yang berada di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar Basri no.3 Medan.

Hasil dari grafik dapat dilihat di lampiran skripsi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Proses pembuatan pipa ini kita menggunakan silicon sebagai wadah untuk cetakan dan serat kulit durian sebagai bahan utama pembuatan sambungan elbow komposit. Sedangkan epoxy resin dan katalis adalah bahan material kimia yang untuk mempercepat pengerasan pembuatan sambungan elbow komposit. Cara membuat pipa sambungan tee ukuran 1 inch terlebih dahulu kita harus buat cetakan untuk pipa sambungan elbow nya. Setelah itu lakukan penimbangan pada bahan bahan dan campurkan dengan komposisi yang telah di rancang untuk pembuatan pipa sambungan komposit dan masukkan kedalam cetakan, setelah itu tunggu sampai kering.

1. Hasil dari pengujian tekan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) menunjukkan perbandingan pada masing-masing specimen uji. Dari ke 4 spesimen uji komposit dengan perbandingan rasi komposisi resin dan diperkuat dengan serat kulit durian maka didapatkan nilai rata rata tertinggi dan terendah yaitu :
 - a. Pengujian kekuatan tekan pada spesimen dengan rasio 0,59 gram serat kulit durian, 99,40 gram epoxy resin memiliki nilai rata-rata sebesar :
 - Spesimen 1 : Gaya 3216,28 kgf, Tegangan 32,0091 kgf/mm², Regangan 1,91, Modulus elastis 16,4149
 - Spesimen 2 : Gaya 768,68 kgf, Tegangan 7,6500 kgf/mm², Regangan 1,97, Modulus elastis 3,8831 kgf/mm²
 - Spesimen 3 : Gaya 3443,13 kgf, Tegangan 34,3668 kgf/mm², Regangan 1,93, Modulus elastis 17,8066 kgf/mm²
 - b. Pengujian kekuatan tekan pada spesimen dengan rasio 1,18 gram serat kulit durian, 98,81 gram epoxy resin memiliki nilai rata-rata sebesar:
 - Spesimen 1 : Gaya 1396,17 kgf, Tegangan 13,8950 kgf/mm², Regangan 2,2, Modulus elastis 1,3159 kgf/mm²
 - Spesimen 2 : Gaya 2920,44 kgf, Tegangan 29,0648 kgf/mm², Regangan 1,93, Modulus elastis 15,0594 kgf/mm²
 - Spesimen 3 : Gaya 16,09 kgf, Tegangan 16,0206 kgf/mm², Regangan 1,91, Modulus elastis 8,3877 kgf/mm².

- c. Pengujian kekuatan tekan pada spesimen dengan rasio 1,76 gram serat kulit durian, 98,23 gram epoxy resin memiliki nilai rata-rata sebesar:
- Spesimen 1 : Gaya 104,05 kgf, Tegangan 1,0355 kgf/mm², Regangan 1,91, Modulus elastis 0,5310 kgf/mm²
- Spesimen 2 : Gaya 1563,32 kgf, Tegangan 15,5585 kgf/mm², Regangan 1,88, Modulus elastis 8,2757 kgf/mm²
- Spesimen 3 : Gaya 2641,85 kgf, Tegangan 26,2922 kgf/mm², Regangan 1,93, Modulus elastis 13,6229 kgf/mm².
- d. Pengujian kekuatan tekan pada spesimen dengan rasio 2,34 gram serat kulit durian, 97,65 gram epoxy resin memiliki nilai rata-rata sebesar:
- Spesimen 1 : Gaya 1377,60 kgf, Tegangan 13,7101 kgf/mm², Regangan 1,93, Modulus elastis 7,1036 kgf/mm²
- Spesimen 2 : Gaya 3517,42 kgf, Tegangan 35,0061 kgf/mm², Regangan 2,2, Modulus elastis 15,9118 kgf/mm²
- Spesimen 3 : Gaya 2193,46 kgf, Tegangan 21,8298 kgf/mm², Regangan 1, Modulus elastis 21,8298 kgf/mm².
2. Setelah mengetahui hasil pengujian tekan terhadap masing-masing campuran antara epoxy resin dan serat kulit durian yang dipilih untuk menjadi produk pipa sambungan elbow didapat hasil terbaik yaitu tekan pada specimen dengan rasio komposisi 2,34 gram serat kulit durian dan 97,65 gram epoxy resin dengan kekuatan tertinggi dengan nilai rata-rata sebesar 2193,46 kgf, tegangan 21,8298 kgf/mm², Regangan 1, Modulus elastis 21,8298. Berdasarkan dari data uji tekan yang dihasilkan bahwa semakin besar persentase penambahan serat kulit durian maka semakin tinggi kekuatan tekan yang didapat. Hal ini dikarenakan kulit durian memiliki pengaruh keuletan yang tahan terhadap kekuatan tekan.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan komposisi serat kulit durian dengan perbandingan serat terbaik
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam hal mencari perbandingan serat yang terbaik dalam pembuatan pipa sambunga elbow

DAFTAR PUSTAKA

- Aprizal. (2017). *RANCANGAN ALAT SISTEM PEMIPAAN DENGAN CARA TEORITIS UNTUK UJI POMPA SKALA LABORATORIUM*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:194749207>
- Arif, I. (2022). *Perencanaan Kebutuhan Air Bersih Pada Bangunan Gedung Utama ITP Planning for Clean Water Needs in ITP Main Building*. 12(1), 2089–4880. <https://doi.org/10.21063/jtm>
- Arif, Z., Husaini, H., Ali, N., & Mulyati, S. (2018). Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit diperkuat Serat Ampas Tebu. *JURUTERA-Jurnal Umum ...* https://www.researchgate.net/profile/Husaini-2/publication/326689770_Pengaruh_Pembebanan_Tekan_Terhadap_Kekuatan_Material_Komposit_Diperkuat_Serat_Ampas_Tebu/links/5b5f2911a6fdccf0b20150c5/Pengaruh-Pembebanan-Tekan-Terhadap-Kekuatan-Material-Komposit-Diperkuat-Serat-Ampas-Tebu.pdf
- Dasar Teori 2.1. Sistem Perpipaan
<http://repository.umy.ac.id/diaksespada03-102021>
- Fatimah, S., Soraya, L., & Setyawati, H. (n.d.). *UTILIZATION OF DURIAN SEEDS WASTE BIODEGRADABLE PLASTIC WITH VARIATION OF GELATINATION TEMPERATURE AND ADDITION OF CaCO₃*.
- Hartoyo, E. (2012). Jenis-jenis Valve. *Eryhartoyo. Wordpress. Com*.
- Hatta, V. (2007). Manfaat kulit durian selezat buahnya. *Jurnal. UNLAM*.
- Ir Sutardi, S. (2017). *CHARACTERISTICS OF FLOW TESTING IN PIPING SYSTEMS USING CAVITATION PHENOMENON EXPERIMENTAL EQUIPMENT*.
- JONES, R. M. (1975). *Mechanics of composite materials*(Book). Washington, DC, Scripta Book Co., 1975. 367 p.
- Parisher, R. A., & Rhea, R. A. (2001). *Piping Pipe Drafting And Design*. Gulf Professional Publishing.
- Prabowo, R. (2009). Pemanfaatan Limbah Kulit Durian Sebagai Produk Briket Di Wilayah Kecamatan Gunung Pati Kabupaten Semarang. *Mediagro*, 5(1). <https://doi.org/10.31942/md.v5i1.889>
- PRASETYO, A. (2006). *PENGARUH PROSENTASE KATALIS TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT CHOPPED STRANDMAT SERAT TEBU DENGAN MATRIK RESIN EPOXY*. eprints.ums.ac.id. <https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/5305>

- Schwartz, M. M. (1984). *Composite materials handbook. (No Title)*.
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282270508834176>
- Sugeng. 2014 Jenis-jenis Fitting pada Pipa. Diambil dari
<http://www.idpipe.com/2014/08/jenis-jenis-fitting-pada-pipa.html>
Pada tanggal 30 Oktober 2023 22.35 wib.
- Untuk, D., Salah, M., Syarat, S., Gelar, M., Teknik, S., Mesin, J. T., & Oleh, D. (n.d.). *PERANCANGAN SISTEM PERPIPAAN AIR BERSIH DI HOTEL JAYAKARTA TUGAS AKHIR*.
- Wardani, D. E., & Dwijayanti, I. (2019). INOVASI PANEL KOMPOSIT LIMBAH SERAT AREN SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PINTU KAMAR MANDI. In *JURNAL ARSITEKTUR GRID-Journal of Architecture and Built Environment* (Vol. 1, Issue 2).
- Zulfikar, A. (2016). Desain Cetakan Pipa Air Komposit Polimer Arang Kayu. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SNTR 2016), Tapak Tuan*.

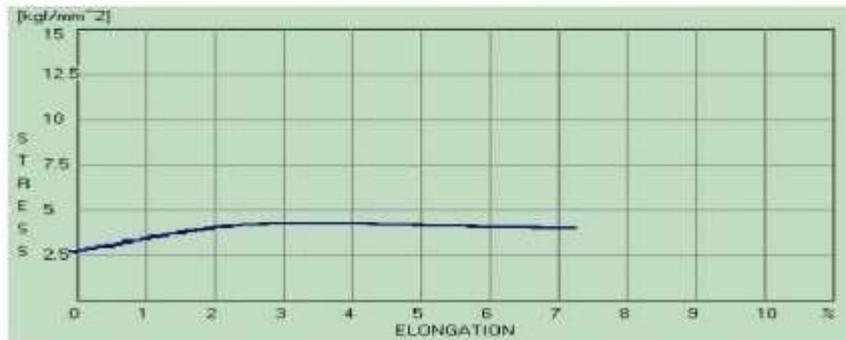


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus Jl. Kapten Mochtar Basri, BA, No. 3, Email: prodifmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	<input type="text" value="2"/>	Max. Force :	<input type="text" value="3216.28 (kgf)"/>
Test Type :	<input type="text" value="Compression"/>	Break Force :	<input type="text" value="3214.95 (kgf)"/>
Date Test :	<input type="text" value="14-9-2023 ; 1:5:3"/>	Yield Strength :	<input type="text" value="0.03 (kgf/mm^2)"/>
Specimens :	<input type="text" value="Others"/>	Tensile Strength :	<input type="text" value="4.00 (kgf/mm^2)"/>
Area :	<input type="text" value="804.25 (mm^2)"/>	Elongation :	<input type="text" value="0.00 (%)"/>



Kaprodin Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

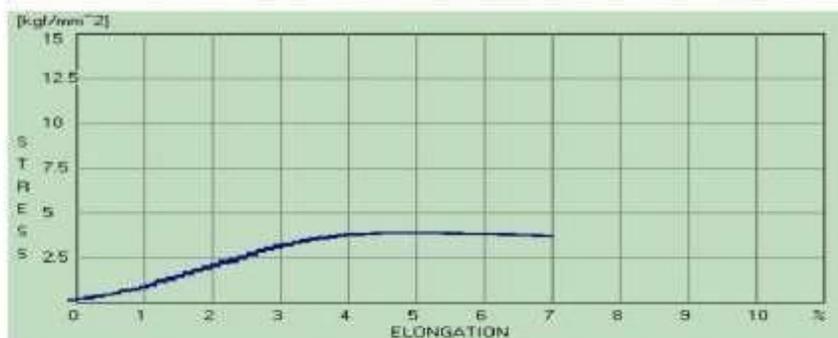


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus Jl. Kapten Mochtar Basri, BA, No. 3, Email: prodifmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	<input type="text" value="2"/>	Max. Force :	<input type="text" value="2989.43 (kgf)"/>
Test Type :	<input type="text" value="Compression"/>	Break Force :	<input type="text" value="2964.22 (kgf)"/>
Date Test :	<input type="text" value="14-9-2023 ; 1:43:4"/>	Yield Strength :	<input type="text" value="0.03 (kgf/mm^2)"/>
Specimens :	<input type="text" value="Others"/>	Tensile Strength :	<input type="text" value="3.72 (kgf/mm^2)"/>
Area :	<input type="text" value="804.25 (mm^2)"/>	Elongation :	<input type="text" value="0.00 (%)"/>



Kaprodin Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

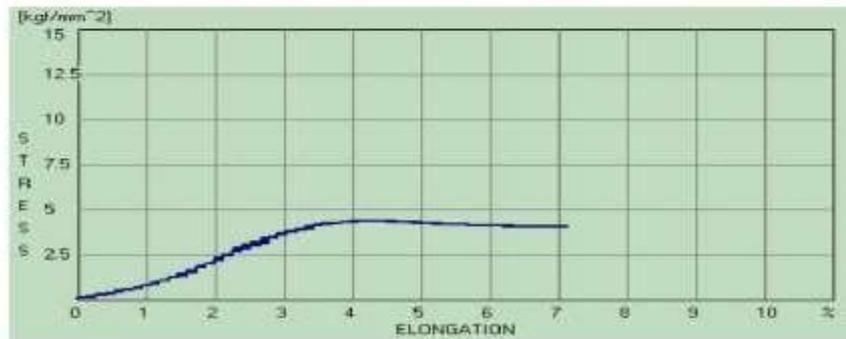


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	3237.50 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	3237.50 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 3:9:36	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	4.03 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodin Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

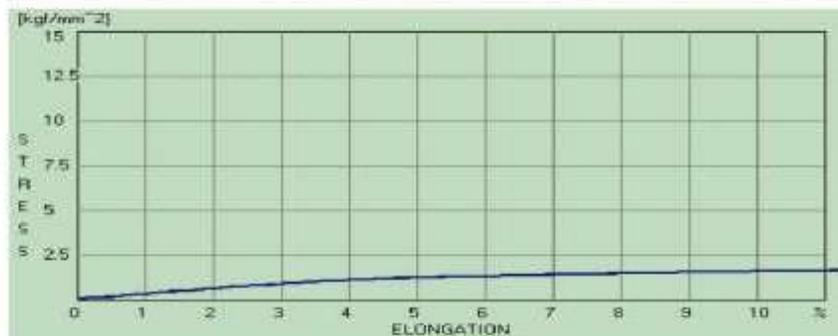


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	1396.17 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	2866.05 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 1:36:43	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.74 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodin Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

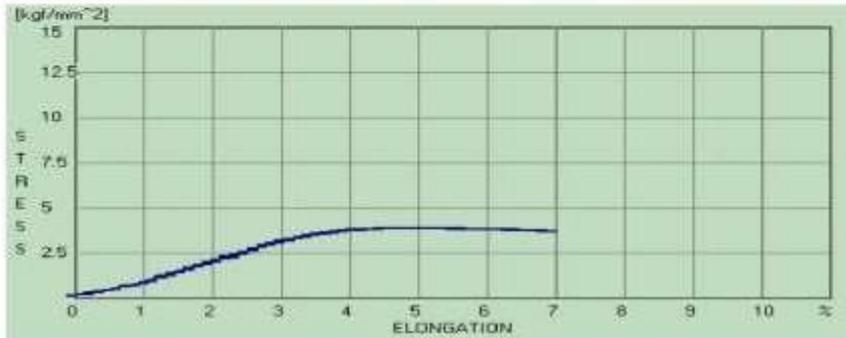


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Busril, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Text No. :	1	Max. Force :	2989.43 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	2964.22 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 1:43:4	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	3.72 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodik Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

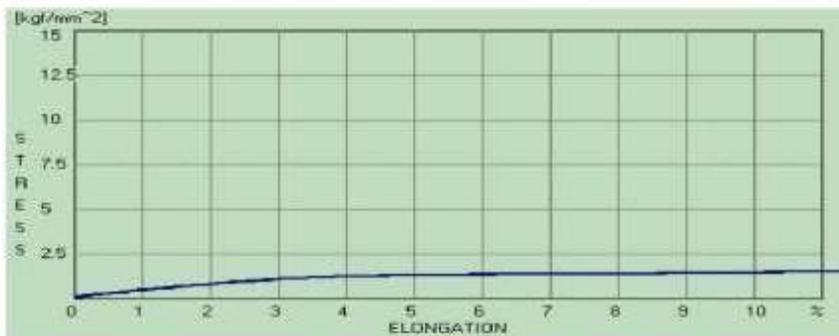


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Busril, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Text No. :	2	Max. Force :	1609.75 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	2964.22 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 1:55:12	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	2.00 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodik Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

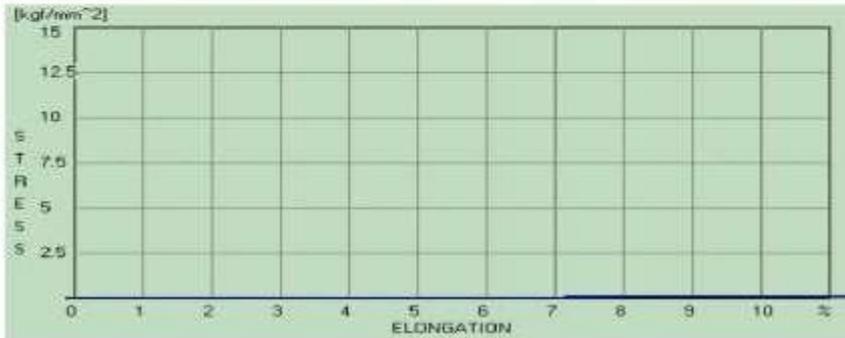


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Busrî, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Text No. :	1	Max. Force :	104.05 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	553.77 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 2:30:54	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	0.13 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodî Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

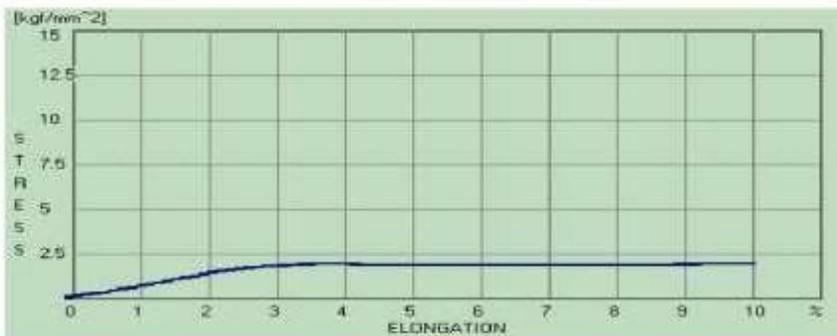


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Busrî, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Text No. :	2	Max. Force :	1563.32 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	1556.69 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 2:40:38	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.94 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



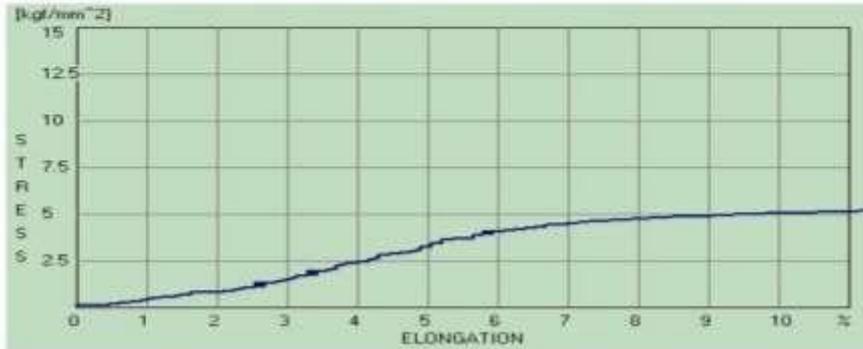
Kaprodî Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material



TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	2693.59 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	2676.35 (kgf)
Date Test :	5-10-2022 ; 2:28:2	Yield Strength :	0.05 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	9.50 (kgf/mm ²)
Area :	283.53 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



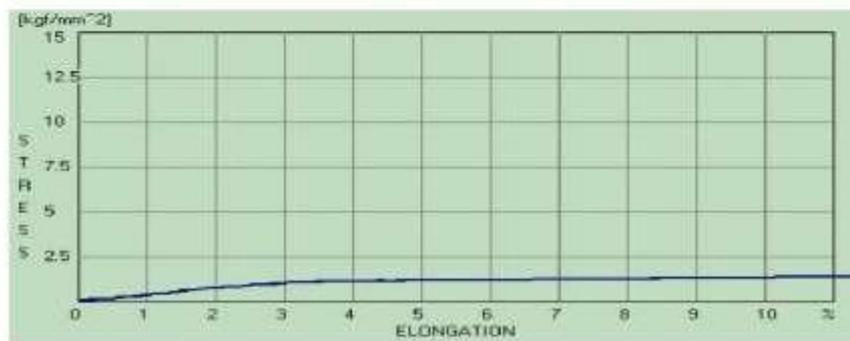
Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material



TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	1376.27 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	1373.62 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 3:2:48	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.71 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

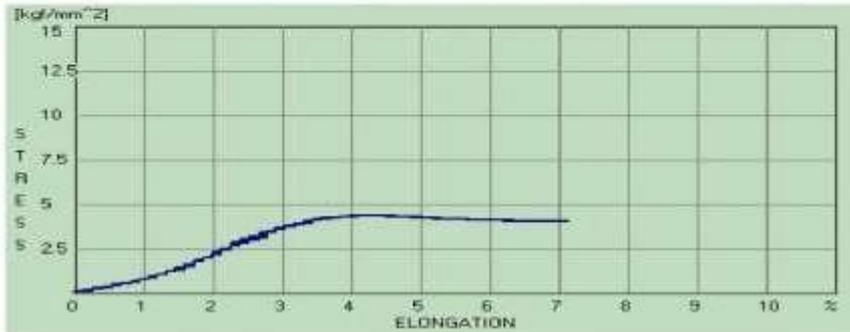


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fetek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	3237.50 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	3237.50 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 3:9:36	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	4.05 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

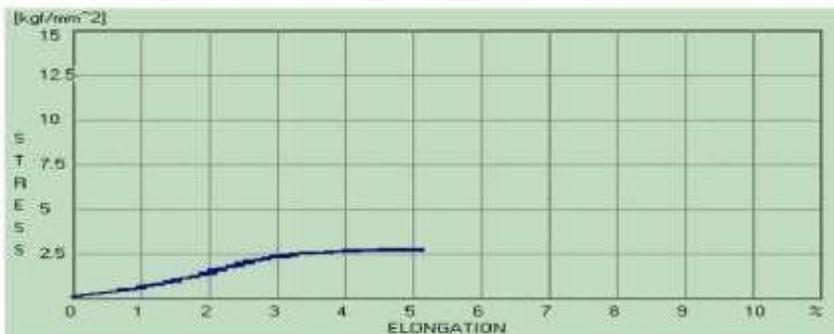


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fetek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	2193.46 (kgf)
Test Type :	Compression	Break Force :	2193.46 (kgf)
Date Test :	14-9-2023 ; 3:17:29	Yield Strength :	0.03 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	2.73 (kgf/mm ²)
Area :	804.25 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

