

## ABSTRAK

Komposit adalah perpaduan dari dua bahan atau lebih yang dikombinasikan menjadi sebuah material. Bahan komposit sangat penting dalam pembuatan produk-produk yang ringan, kuat dan mampu bersaing dengan logam serta tidak mudah korosi. Penyusunan komposit terdiri dari polimer dan matriks, komposit memiliki beragam jenis mulai dari serat kaca, serat plastik dan lain-lain. Pada penelitian ini menggunakan matriks polyester resin dan katalis, sedangkan penguatnya berupa serat plastik. Dalam pembuatan dan pengujian komposit ini mengacu pada standart pengujian ASTM D 790 - 02 untuk uji lendutan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Perbandingan serat plastik pada spesimen balok 1 sampai 5 dengan serat (1 gr, 2 gr, 5 gr, 8 gr, 10 gr) dan spesimen silinder 1 sampai 3 dengan serat (10 gr, 15 gr, 20 gr) uji lendutan bervariasi. Sedangkan untuk pengujian lendutan (defleksi) mencari nilai momen inersia ( $I$ ) dan elastisitas ( $E$ ). Dari data hasil analisa lendutan pada spesimen 1 sampai 5 maka spesimen 5 dengan serat 10 gr dan beban 97 gr didapat nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar  $910,0157 \text{ kg/mm}^2$ , sedangkan nilai modulus elastisitas yang tertinggi pada spesimen silinder 1 sampai 3 maka spesimen 2 dengan serat 15 gr dan beban 491 gr di dapat nilai modulus elastisitas yang tertinggi yaitu sebesar  $603,4825 \text{ kg/mm}^2$ .

***Kata Kunci : Komposit, Serat Plastik dan Uji lendutan (Defleksi).***

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH UKURAN DAN BENTUK TERHADAP KEKUATAN LENDUTAN PADA BAHAN KOMPOSIT YANG DIPERKUAT DENGAN VARIASI SERAT PLASTIK”**

Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa **Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara** dalam menyelesaikan studinya.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang trus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun material dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Zulkarnain Lubis dan Ibunda tercinta Suliyem yang senantiasa merawat, membesarkan, mendidik dengan penuh kasih sayang dan kesabaran yang sangat luar biasa, juga selalu memberikan dukungan moril, material dan do'a yang tulus, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Rahmat Kartolo Simanjuntak, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I  
Bapak M. Yani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi, S.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak/Ibu dan staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Rekan-rekan Mahasiswa angkatan 2012, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM-FT Teknik), Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dalam pemberian tenaga dan motivasi untuk penyelesaian tugas akhir ini

9. Keluarga besar tercinta, Adean Jefri Lubis ,Abdul Halim Andayu Lubis, Andi Lusiandi, S.E dan adinda Mira Sabrina Harahap, S.E, yang selalu memberikan semangat bagi penulis dalam pengerjaan tugas sarjana ini.
10. Rekan-rekan seperjuangan Band dari usia dini hingga sekarang Parlodes, Komponen Neraka, Pakumati juga buat Blindness Merchandise yang selalu memberi dukungan dan membantu penulis sehingga tersusunya penulisan tugas sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin Ya Rabbal A'lam.

Billahi fii sabilil haq fastabiqul khairat  
Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh...

Medan, Mei 2017  
Penulis

DEDI ARISANDI LUBIS  
1207230258

## DAFTAR ISI

	HAL
<b>LEMBAR PENGESAHAN - I</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN - II</b>	
<b>SPEKIFIKASI TUGAS</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.1.1. Tujuan Umum	4
1.1.2. Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1 Pengertian Bahan Komposit	6
2.1.1 Kelebihan Bahan Komposit	7
2.1.2 Kekurangan Bahan Komposit	8
2.2 Klasifikasi Bahan Komposit	9
2.2.1 Bahan Komposit Partikel	9
2.2.2 Bahan Komposit Serat	10
2.3 Tipe Komposit Serat	12
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Performa Komposit	13
2.5 Karakteristik Material Komposit	17
2.6 Plastik	18
2.7 Uji Lendutan (Defleksi)	21
2.2.3 Jenis-jenis Tumpuan	25
2.2.4 Jenis-jenis Pembebanan	27
2.2.5 Jenis-jenis Batang	28
2.2.6 Fenomena Lendutan Batang	29
2.2.7 Rumus Persamaan Defleksi	30

<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>32</b>
3.1 Penjadwalan Proses Pembuatan dan Pengujian Bahan Komposit	32
3.1.1 Tempat dan waktu	32
3.2 Diagram Alir Penelitian	33
3.3 Alat dan Bahan	34
3.3.1 Alat-alat yang digunakan untuk proses pembuatan spesimen komposit	34
3.3.2 Bahan yang digunakan untuk proses pembuatan spesimen komposit	36
3.3.3 Alat-alat yang digunakan untuk proses pengujian spesimen komposit	39
3.4 Prosedur Penelitian	40
3.4.1 Studi Literatur	40
3.4.2 Penyiapan Bahan	40
3.5 Pembuatan Spesimen Komposit	41
3.5.1 Pembuatan Spesimen Uji Lendutan	41
3.5.2 Pembuatan Spesimen Uji Lendutan Silinder	45
3.6 Pengujian Komposit	48
3.6.1. Langkah Kerja Uji Lendutan ( <i>Deflection Test</i> )	49
3.6.2. Langkah Kerja Uji Lendutan Silinder ( <i>Deflection Test</i> )	52
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>56</b>
4.1 Hasil Analisa Uji Defleksi	56
4.2 Analisa Spesimen Uji Defleksi	56
4.2.1 Spesimen 1	57
4.2.2 Spesimen 2	58
4.2.3 Spesimen 3	60
4.2.4 Spesimen 4	62
4.2.5 Spesimen 5	64
4.3 Pembahasan Hasil Pengujian Uji Lendutan	65
4.3.1 Grafik hasil pengujian lendutan spesimen 1,2,3,4 dan 5	66
4.4 Analisa Spesimen Uji Lendutan Silinder (Defleksi)	67
4.4.1 Spesimen 1	67
4.4.2 Spesimen 2	69
4.4.3 Spesimen 3	71
4.5 Pembahasan Hasil Pengujian Uji Lendutan Silinder	73
4.5.1 Grafik hasil pengujian lendutan spesimen silinder 1,2 dan 3	73
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>74</b>
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74

**DAFTAR PUSTAKA**  
**CURRICULUM VITAE**

## DAFTAR TABEL

	<b>HAL</b>
Tabel 3.1 Jadwal penelitian dan pembuatan specimen komposit	32
Tabel 4.1 Data hasil pengujian defleksi	56
Tabel 4.2 Data hasil pengujian defleksi silinder	67

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Komposit banyak dikembangkan karena memiliki sifat yang diinginkan karena tidak didapat dari material lain apabila berdiri sendiri. Komposit pada umumnya tersusun dari material pengikat (*matrik*) dan material penguat yang disebut juga material pengisi (*filler*). Bahan komposit terkenal ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya. Para industri awal mulai mengembangkan komposit sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya.

Pada dasarnya material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk unit mikroskopik, yang terbuat dari bermacam-macam kombinasi sifat atau gabungan antara serat dan matrik. Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh di atas bahan teknik pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan.

Dalam dunia yang modern ini penggunaan material komposit mulai banyak dikembangkan dalam dunia industri manufaktur. Penggunaan material komposit yang ramah lingkungan dan biasanya didaur ulang kembali, merupakan tuntutan teknologi saat ini. Salah satu material komposit yang diharapkan di dunia industri yaitu material komposit dengan material pengisi (*filler*) baik yang berupa serat alami maupun serat buatan.

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dan salah satu cara pengolahan bahan utamanya plastik, salah satu faktor yang cukup aplikatif dalam dunia *engineering* adalah dimungkinkannya peningkatan sifat dengan penguat serat disamping itu plastik juga memiliki sifat ketahanan kimia (*chemical resistant*) yang baik. Perkembangan plastik meningkat sejak ditemukannya material komposit yang cepat diserap dan dipakai oleh industri pesawat terbang, otomotif, militer, alat-alat olahraga, kedokteran, bahkan sampai alat-alat rumah tangga. Selain material pengikat (*matrik*) komposit juga menggunakan material penguat atau pengisi (*filler*), material pengikat ini menggunakan serat, serat biasanya terdiri dari bahan yang kuat, kaku dan getas. Hal ini ditujukan agar serat dapat menahan gaya dari luar. Serat pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu serat alami (*natural fiber*) dan serat buatan (*synthetic fiber*). Serat banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian, seperti pabrik pembuat tali, industri tekstil, industri kertas, karena mempunyai kekuatan yang tinggi, serat sangat baik untuk material komposit. Serat alami sekarang banyak digunakan karena jumlahnya banyak dan sangat murah jadi sering dimanfaatkan sebagai material penguat seperti serat batang pisang, serabut pohon aren, jerami dan masih banyak serat alami yang lain yang biasa dimanfaatkan, akan tetapi serat alami mempunyai kekuatan yang rendah dibandingkan serat buatan. Sedangkan serat buatan jarang digunakan karena selain jarang ditemukan dan nilai belinya sangat mahal jadi sangat jarang digunakan, seperti fiber glass, nilon, serat plastik, fenol dan masih banyak lainnya.

Dalam penelitian ini bahan utama yang akan digunakan yaitu bahan pengikat (*matrik*) menggunakan *Thermosetting* yang jenisnya *serat plastik* karena



bahan tersebut mempunyai ketahanan bahan kimia yang sangat baik dan mempunyai kekuatan yang sangat tinggi, sedangkan bahan pengisinya (*filler*) menggunakan serat plastik dikarenakan bahan tersebut mempunyai kekuatan yang tinggi dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap bahan kimia dan panas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Bagaimana mengetahui pengaruh ukuran bentuk bahan komposit dengan variasi yang diperkuat serat plastik terhadap lendutan?
2. Bagaimana mengetahui pengaruh bahan komposit dengan *polyester* resin dan *katalis* setelah diberi serat yang bervariasi terhadap spesimen uji lendutan?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Serat yang digunakan jenis plastik.
2. Ukuran spesimen uji lendutan mengacu pada standart uji defleksi yang terdapat di Laboratorium Fakultas Teknik UMSU, Jln. Kapten Mukhtar Basri no 3, dengan serat yang tersusun secara searah (*continuous*), menggunakan berat *polyester* resin dan *katalis* dan pemberian serat terhadap spesimen uji lendutan yang bervariasi yaitu 1 gram, 2 gram, 5 gram, 8 gram dan 10 gram. Sedangkan untuk spesimen lendutan silinder bervariasi yaitu 10 gram, 15 gram, 20 gram.

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan tugas sarjana ini adalah

### 1.1.1. Tujuan Umum

- Untuk mengetahui lendutan pada bahan komposit dengan polyester resin dan katalis yang diperkuat serat plastik.

### 1.1.2. Tujuan Khusus

- Bagaimana mengetahui besar pengaruh bahan komposit dengan variasi serat plastik yang berbeda terhadap lendutan.
- Bagaimana mengetahui lendutan bahan komposit dengan *polyester* resin dan *katalis*. Setelah diberi serat plastik yang bervariasi terhadap pengujian lendutan.

## **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan tugas sarjana ini adalah :

1. Dapat mengetahui kekuatan lendutan spesimen komposit berbahan dasar polyester resin yang diperkuat dengan variasi serat plastik dengan penyusunan serat secara searah.
2. Hasil dari proses pengujian komposit berbahan polyester resin yang diperkuat serat plastik dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dan referensi untuk penelitian berikutnya dan bisa menjadi pembahasan mengenai komposit secara lebih luas dan kontinue.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Agar penulisan skripsi ini dapat dilaksanakan dengan mudah dan sistematis, maka pada penulisan skripsi ini disusun tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. BAB 1 : Pendahuluan, berisikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
2. BAB 2 : Tinjauan pustaka, berisikan pembahasan tentang teori-teori yang mendasari proses pembuatan dan pengujian dengan bahan dasar polyester resin yang diperkuat serat plastik. Diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan dan rujukan dalam pelaksanaan proses pembuatan dan pengujian komposit dengan bahan dasar polyester resin yang diperkuat serat plastik.
3. BAB 3 : Metode penelitian, berisikan tentang alat-alat dan bahan serta proses pengerjaan yang digunakan pada pembuatan dan pengujian komposit dengan bahan dasar polyester resin yang diperkuat serat plastik.
4. BAB 4 : Hasil dan pembahasan, berisikan tentang analisa hasil pengujian lendutan dengan bahan dasar polyester resin yang diperkuat serat plastik.
5. BAB 5 : Kesimpulan dan saran, berisikan penjelasan singkat secara garis besar dari hasil pembuatan dan pengujian kekuatan lendutan pada bahan komposit dengan bahan dasar polyester resin yang diperkuat serat plastik.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Bahan Komposit

Didalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu. Komposit adalah struktur material yang terdiri dari 2 kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala *makroskopik* dan menyatu secara fisika. Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara *makroskopik*. Komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan.

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan *polimer* yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat sendiri yang diutamakan untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti : kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Sebagai bahan pengisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan

bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki, sifat istimewa yang komposit yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya.

### 2.1.1 Kelebihan Bahan Komposit

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan konvensional. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal, kemampuan (*Reliability*), kemampuan proses dan biaya. Seperti yang diuraikan pada sifat-sifat mekanikal dan fisikal dibawah ini :

1. Bahan komposit memiliki *density* yang jauh lebih rendah berbanding dengan bahan konvensional. Ini memberikan implikasi yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional.
2. Dalam industri terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang terbuat dari logam dengan komposit telah terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap *fatigue* yang baik terutama komposit yang menggunakan serat *fiber*.
3. Kelemahan logam yang lebih terlihat jelas adalah rintangan terhadap lemah terutama produk yang dalam kebutuhan sehari-hari.

Kecenderungan komponen logam untuk mengalami kikisan menyebabkan biaya pembuatan menjadi lebih tinggi. Bahan komposit sebaliknya mempunyai rintangan terhadap kikisan yang lebih baik.

4. Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari segi *versatility* (berdaya guna) yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis *matriks* dan serat yang digunakan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan *matriks* untuk menghasilkan komposit.
5. Massa jenis rendah (ringan).
6. Lebih kuat (*stiff*), ulet (*tough*), tidak getas, dan lebih ringan.
7. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan.
8. Koefisien pemuaian yang rendah.
9. Tahan terhadap cuaca dan korosi.
10. Proses manufaktur mudah dibentuk.

#### 2.1.2 Kekurangan Bahan Komposit

Adapun kekurangan bahan komposit diantaranya sebagai berikut :

1. Tidak tahan terhadap beban kejut (*shock*) dan tabrak (*crash*) dibandingkan dengan jenis material metal.
2. Kurang elastis.
3. Lebih sulit dibentuk secara plastis.

## 2.2 Klasifikasi Bahan Komposit

Secara umum pengelompokan komposit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu berdasarkan matrik dan penguatnya. Berdasarkan matriknya komposit dapat digolongkan menjadi tiga (Courtney, 1983) yaitu :

1. Komposit matrik logam (KML), yaitu logam sebagai matrik.
2. Komposit matrik polimer (KMP), yaitu polimer sebagai matrik.
3. Komposit matrik keramik (KMK), yaitu keramik sebagai matrik.

Sedangkan berdasarkan unsur penguatnya, menurut Courtney (1983) dapat dibedakan menjadi tiga :

1. *Fiber composites* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik.
2. *Flake composites* adalah gabungan serpih rata dengan matrik.
3. *Particulate composites* adalah gabungan partikel dengan matrik.

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 bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik dengan serat panjang dan serat pendek.

### 2.2.1 Bahan Komposit Partikel

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*). Menurut definisinya partikelnya berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik,

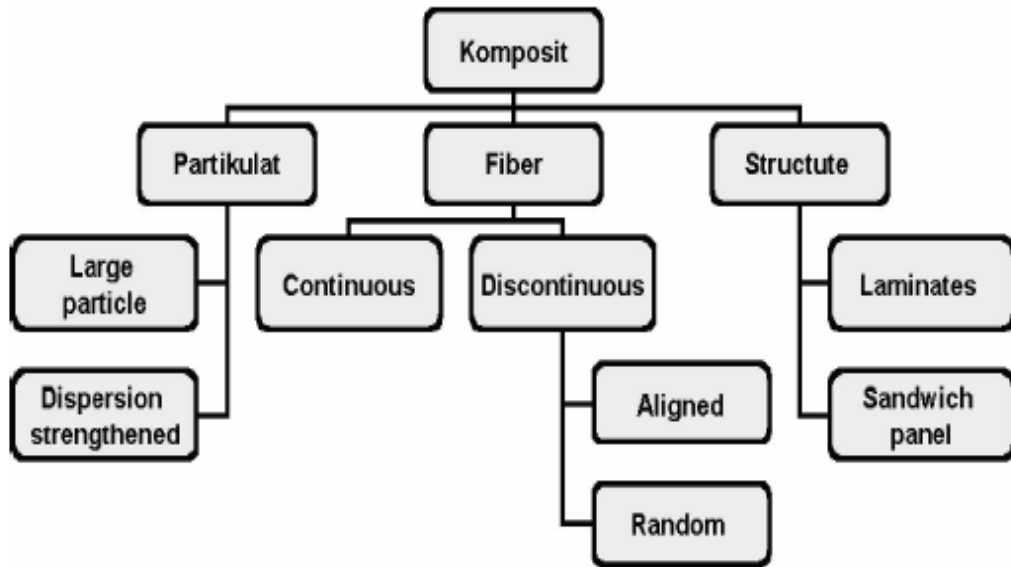
tetragonal atau bahkan bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi secara rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*ceramic matrik composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

### 2.2.2 Bahan Komposit Serat

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* atau *whisker*). Dalam penelitian ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

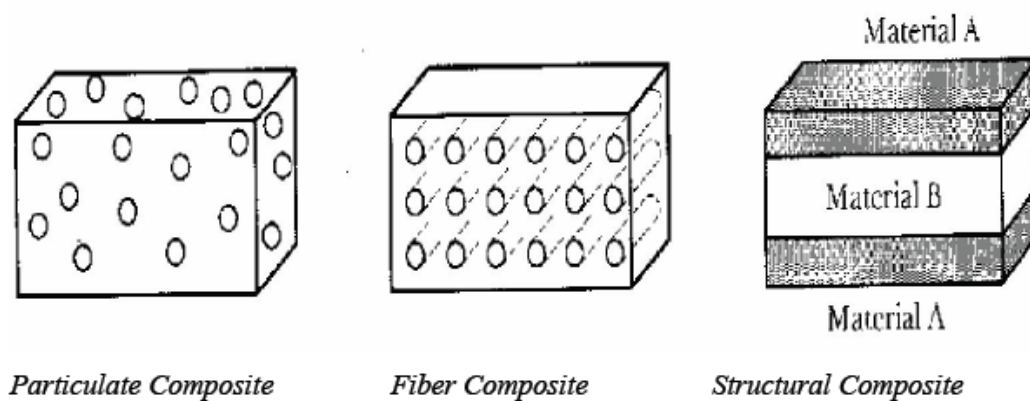
Dalam pembagian komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar 2.1.





Gambar 2.1 Pembagian komposit berdasarkan penguatnya.

Adapun pengilustrasian gambar pengelompokan komposit berdasarkan penguatnya yang dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2 Ilustrasi komposit berdasarkan penguat.

### 2.3 Tipe Komposit Serat

Untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat memampatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :

#### 1. *Continuous Fiber Composite*

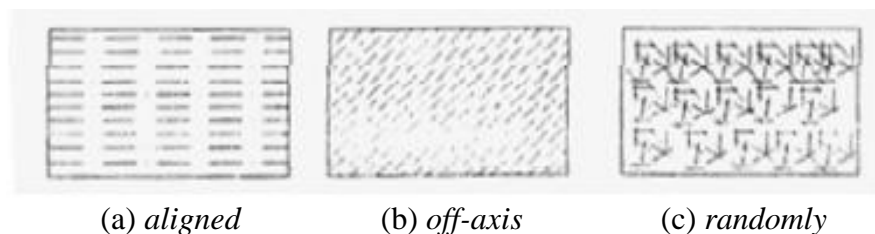
*Continuous atau uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

#### 2. *Woven Fiber Composite*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

#### 3. *Discontinuous Fiber Composite*

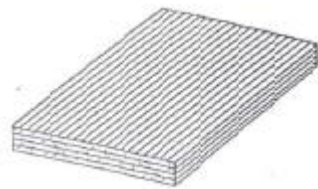
*Discontinuous Fiber Composite* adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe komposit dengan serat pendek dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut :



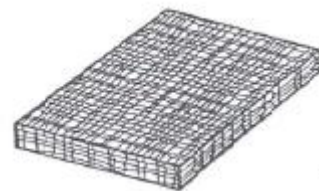
Gambar 2.3 Tipe *discontinuous fiber*

#### 4. *Hybrid Fiber Composite*

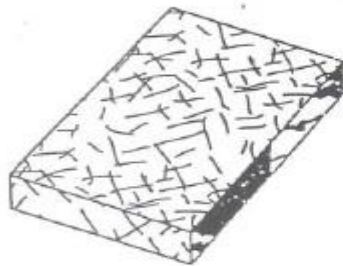
*Hybrid fiber composite* merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya. Tipe komposit serat dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut :



*Continuous Fiber Composite*



*Woven Fiber Composite*



*Randomly oriented discontinuous fiber*



*Hybrid Fiber composite*

Gambar 2.4 Tipe komposit serat

## 2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Performa Komposit

Penelitian yang mengabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa *Fiber-Matrik Composites* antara lain:

### 1. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

### 2. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Bila *aspectratio* makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat panjang (*continous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan

proses *filament winding*, dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continuous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan diatas tidak dapat tercapai.

Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continuous fiber*. Hal initerjadi pada *whisker*, yang mempunyai keseragaman kekuatan tarik. Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya.

### 3. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi.

### 4. Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik.

Bahan polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam adalah *thermoplastik* dan *termoset*. *Thermoplastik* dan *termoset* ada banyak macam jenisnya yaitu:

a. *Thermoplastik*

- *Polyamide* (PI)
- *Polysulfone* (PS)
- *Poluetheretherketone* (PEEK)
- *Polyhenylene Sulfide* (PPS)
- *Polypropylene* (PP)
- *Polyethylene* (PE), dll.

b. *Thermosetting*

- *Epoxy*
- *Polyester*
- *Phenolic*
- *Plenol*
- *Resin Amino*
- *Resin Furan*, dll.

## 5. Faktor Ikatan Fiber-Matrik

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matrik yang memudahkan terjadi antara dua fase. Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini disebabkan karena kekuatan atau ikatan *interfacial* antara matrik dan serat yang kurang besar.

### 2.5 Karakteristik Material Komposit

Salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan karakteristik material komposit adalah perbandingan antara matriks dengan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan perhitungan perbandingan keduanya.

Dalam menentukan perbandingan antara komponen matriks dengan serat (pengisi) material komposit ini biasanya dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu:

#### 1. Metode Fraksi Massa

Metode ini digunakan jika massa komponen matriks dan pengisi material komposit tidak jauh berbeda atau serat yang dipakai cukup berat.

## 2. Metode Fraksi Volume

Metode ini digunakan apabila berat antara komponen matriks dan penguat (serat) material komposit jauh berbeda.

### 2.6 Plastik

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi sintetik. Mereka terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik dapat dibentuk menjadi film atau fiber sintetik. Nama ini berasal dari fakta bahwa banyak dari mereka memiliki properti keplastikan. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menoleransi panas, keras, dan lain – lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri.



Gambar 2.5 Pellet atau bijih plastik yang siap diproses

Lebih lanjut ( *injection molding*, ekstrusi, dll )

Sumber : <https://yefrichan.files.wordpress.com/2010/0Z/plastic.jpg>



Plastik dapat dikategorikan dengan banyak cara tetapi paling umum dengan melihat tulang belakang polimernya *polyethylene*, *polypropylene*, *acrylic*, *silicone*, *urethane*, dan lain – lain.

Plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak molekul berulang atau monomer. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon, oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang. Tulang belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi satu kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan bergantung dari tulang belakang. Dengan pengesetan ini membuat plastik menjadi bagian tak terpisahkan di kehidupan di abad ke 21 dengan memperbaiki properti dari polimer tersebut.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami seperti : permen karet, shellec sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia dan akhirnya ke molekul buatan manusia seperti : *epoxy*, *plyvinyl chlorida* dan *polyethylene*.

Plastik dapat digolongkan berdasarkan

1. Sifat fisiknya
  - (a) Thermoplastik

Thermoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang/ dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh : *Polyethylen* ( PE ), *Polypropylene* ( PP ), *Polystiren* ( PS ), ABS, dan *Polykarbonat* ( PC ).

(b) Thermoset

Thermoset merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang/ dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul – molekulnya. Contoh : resin *epoxy*, bakelit, resin melamin, urea formaldehida.

2. Sumber Plastik

Terdapat dua macam polymer yang terdapat di kehidupan yaitu polymer alami dan polymer sintetis.

a. Polimer Alami

Alam juga menyediakan berbagai macam polymer yang bisa langsung digunakan oleh manusia sebagai bahan. Polymer tersebut ialah : Kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut dan lain sebagainya.

b. Polimer Sintetis

semakin meningkatnya dan beragamnya kebutuhan manusia menyebabkan manusia harus mencari jalan untuk mencukupi kebutuhannya tersebut. Termasuk juga polimer, manusia membuat polimer melalui reaksi kimia ( sintetis ) yang tidak disediakan oleh alam. Ada banyak sekali macam – macam polymer sintetis hasil rekayasa manusia, diantaranya adalah :

- Tidak terdapat secara alami : *Plastik, polyester, polypropylene, polystiren*
- Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan : Karet sintetis

- Polimer alami yang dimodifikasi : seluloid, *cellophane* (bahan dasarnya dari sellulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat – sifat kimia dan fisiknya ).

### 3. Berdasarkan jumlah rantai karbon

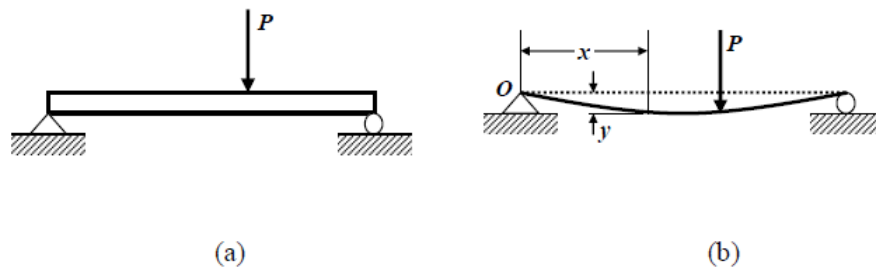
- 1 – 4 berbentuk gas contoh : LPG dan LNG
- 5 – 11 berbentuk cair contoh : bensin
- 9 – 16 cairan dengan viskositas rendah
- 16 – 25 cairan dengan viskositas tinggi contoh : oli dan gemuk
- 25 – 30 berbentuk padat , contoh : lilin dan parafin
- 1000 – 3000 berbentuk plastik , contoh : *polistiren*, *Polyethylene*, *Polypropylene* dan lain sebagainya.

## 2.7 Uji Lendutan ( Defleksi )

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila padanya diberikan beban yang cukup besar, lendutan batang untuk setiap titik dapat dihitung dengan menggunakan metode diagram atau cara integral ganda dan untuk mengukur gaya digunakan *load cell*. Lendutan batang memegang peranan penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin, dimana pada bagian-bagian tertentu seperti pada poros, lendutan sangat tidak diinginkan.

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada

balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 2.6. (a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.6. (b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 2.6 (a) Balok sebelum terjadi deformasi, (b) Balok dalam konfigurasi terdeformasi

Sumber : <http://bambangpurwantana.staff.ugm.ac.id/KekuatanBahan>

Jarak perpindahan  $y$  didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai  $x$  sepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok. Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama diperuntukkan memikul beban lateral, yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang (Binsar Hariandja 1996).

Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi, seperti misalnya bobot sendiri, beban hidup *vertical*, beban keran (*crane*) dan lain-lain.

contoh sistem balok dapat dikemukakan antara lain, balok lantai gedung, gelanggang jembatan, balok penyangga keran, dan sebagainya. Sumbu sebuah batang akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan *transversal* baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi.

Unsur-unsur dari mesin haruslah cukup tegar untuk mencegah ketidakbarisan dan mempertahankan ketelitian terhadap pengaruh beban dalam gedung-gedung, balok lantai tidak dapat melentur secara berlebihan untuk meniadakan pengaruh psikologis yang tidak diinginkan para penghuni dan untuk memperkecil atau mencegah dengan bahan-bahan jadi yang rapuh.

Begitu pun kekuatan mengenai karakteristik deformasi dari bangunan struktur adalah paling penting untuk mempelajari getaran mesin seperti juga bangunan-bangunan stasioner dan penerbangan, dalam menjalankan fungsinya, balok meneruskan pengaruh bebangravitasi keperletakan terutama dengan mengandalakan aksi lentur, yang berkaitan dengan gaya berupa momen lentur dan geser walaupun timbul aksinormal, itu terutama ditimbulkan oleh beban luar yang relative kecil, misalnya akibat gaya gesek rem kendaraan pada gelangar jembatan, atau misalnya akibat perletakan yang dibuat miring.

Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu :

1. Kekakuan batang

Semakin kaku suatu batang maka lendutan batang yang akan terjadi pada batang akan semakin kecil.

2. Besarnya kecil gaya yang diberikan

Besar-kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi pun semakin kecil.

### 3. Jenis tumpuan yang diberikan

Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Jika karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.

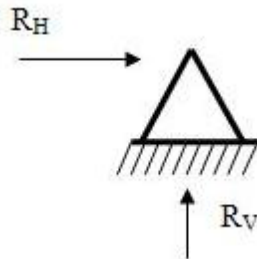
### 4. Jenis beban yang terjadi pada batang

Beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi merata *slope* yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari *slope* titik. Ini karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja (Binsar Hariandja 1996).

### 2.2.3 Jenis-Jenis Tumpuan

#### 1. Engsel

Engsel merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal dan gaya reaksi horizontal, tumpuan yang berpasak mampu melawan gaya yang bekerja dalam setiap arah dari bidang, jadi pada umumnya reaksi pada suatu tumpuan seperti ini mempunyai dua komponen yang satu dalam arah horizontal dan yang lainnya dalam arah vertikal. Tidak seperti pada perbandingan tumpuan rol atau penghubung, maka perbandingan antara komponen-komponen reaksi pada tumpuan yang terpasak tidaklah tetap. Untuk menentukan kedua komponen ini, dua buah komponen statika harus digunakan

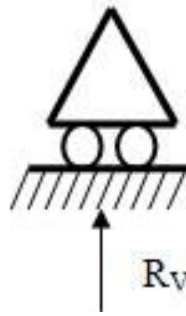


Gambar 2.7 Tumpuan Engsel

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

#### 2. Rol

Rol merupakan tumpuan yang hanyadapat menerima gaya reaksi vertikal. Alat ini mampu melawan gaya-gaya dalam suatu garis aksi yang spesifik, penghubung yang terlihat pada gambar dibawah ini dapat melawan gaya hanya dalam arah AB rol. Pada gambar dibawah hanya dapat melawan beban vertical. Sedang rol-rol hanya dapat melawan suatu tegak lurus pada bidang cp.

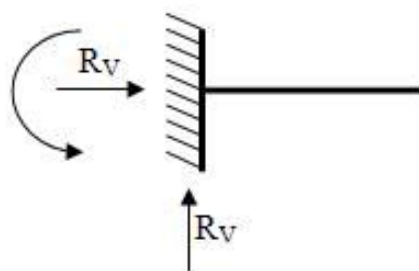


Gambar 2.8 Tumpuan Rol

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

### 3. Jepit

Jepit merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal, gaya reaksi horizontal dan momen akibat jepitan dua penampang. Tumpuan jepit ini mampu melawan gaya dalam setiap arah dan juga mampu melawan suatu kopel atau momen. Secara fisik, tumpuan ini diperoleh dengan membangun sebuah balok ke dalam suatu dinding batu bata. Mengecornya ke dalam beton atau mengelas ke dalam bangunan utama. Suatu komponen gaya dan sebuah momen.



Gambar 2.9 Tumpuan Jepit

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

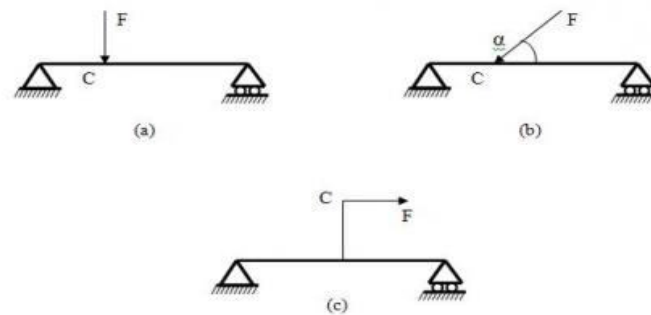


## 2.2.4 Jenis-Jenis Pembebanan

Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya defleksi pada batang adalah jenis beban yang diberikan kepadanya. Adapun jenis pembebanan adalah sebagai berikut :

### 1. Beban terpusat

Titik kerja pada batang dapat dianggap berupa titik karena luas kontakannya kecil.

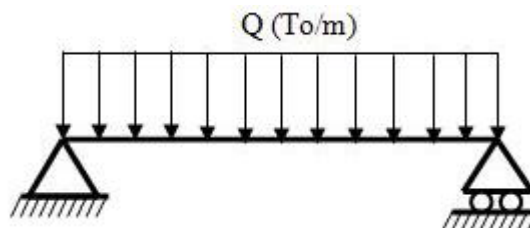


Gambar 2.10 Pembebanan Terpusat

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

### 2. Beban terbagi merata

Disebut beban terbagi merata karena merata sepanjang batang dinyatakan dalam  $qm$  (kg/m atau KN/m)

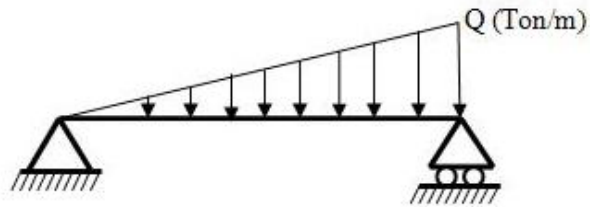


Gambar 2.11 Pembebanan Terbagi Merata

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

### 3. Beban bervariasi uniform

Disebut beban bervariasi uniform karena beban sepanjang batang besarnya tidak merata.



Gambar 2.12 Pembebanan Bervariasi uniform

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

### 2.2.5 Jenis-Jenis Batang

#### 1. Batang tumpuan sederhana

Bila tumpuan tersebut berada pada ujung-ujung dan pada pasak atau rol.

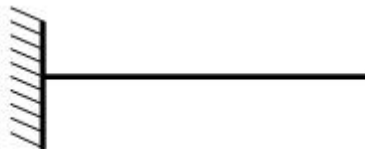


Gambar 2.13 Batang tumpuan sederhana

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

#### 2. Batang kantilever

Bila salah satu ujung balok dijepit dan yang lain bebas.

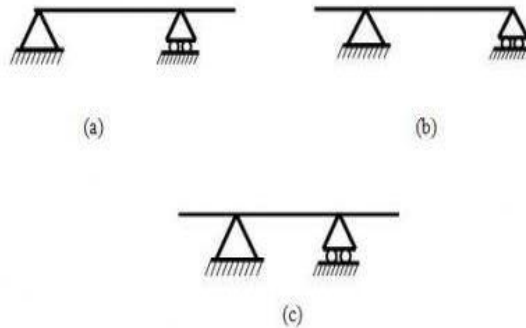


Gambar 2.14 Batang kantilever

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

### 3. Batang Overhang

Bila balok dibangun melewati tumpuan sederhana.



Gambar 2.15 Batang Overhang

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

### 4. Batang menerus

Bila tumpuan-tumpuan terdapat pada balok continue secara fisik.



Gambar 2.16 Batang menerus

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/link-tazzie/>

#### 2.2.6 Fenomena Lendutan Batang

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila diberikan beban yang cukup besar. Lendutan batang untuk setiap titik dapat dihitung dengan menggunakan metode diagram atau cara integral ganda dan untuk mengukur gaya yang digunakan *load cell*. Lendutan batang sangat penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin, dimana pada bagian-bagian tertentu seperti poros, lendutan sangat tidak diinginkan karena adanya lendutan maka kerja poros atau operasi mesin akan tidak normal sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada bagian mesin atau pada bagian lainnya.

Pada semua konstruksi teknik, bagian-bagian pelengkap suatu bangunan haruslah diberi ukuran-ukuran fisik yang tertentu.

Bagian-bagian tersebut haruslah diukur dengan tepat untuk menahan gaya –gaya yang sesungguhnya atau yang mungkin akan dibebankan kepadanya. Jadi poros sebuah mesin haruslah diperlukan dan menahan gaya-gaya luar dan dalam. Demikian pula, bagian-bagian suatu struktur komposit harus cukup tegar sehingga tidak akan melentung melebihi batas yang diizinkan bila bekerja dibawah beban yang diizinkan (Soemono 1989).

### 2.2.7 Rumus Persamaan Defleksi

Untuk rumus defleksi didapat berdasarkan dari modul praktikum fenomena dasar yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UMSU, untuk mencari nilai modulus elastisitasnya, dapat menggunakan persamaan seperti dibawah ini.

1. Momen inersia

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (2.4)$$

2. Untuk percobaan pertama

$$y_2 = \frac{P_2 \cdot C_2^2 \cdot C_1^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} \quad (2.5)$$

3. Untuk percobaan kedua

$$y_1 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot C_3^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} \quad (2.6)$$

4. Untuk percobaan ketiga

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3) \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} \quad (2.7)$$

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Penjadwalan Proses Pembuatan dan Pengujian Bahan Komposit

Penjadwalan proses pembuatan dan pengujian bahan komposit perlu diperhatikan dalam penulisan skripsi ini. Pembuatan dan pengujian bahan komposit ini diperlukan penjadwalan secara teratur dan terperinci agar dapat terlaksanakan tepat pada waktunya.

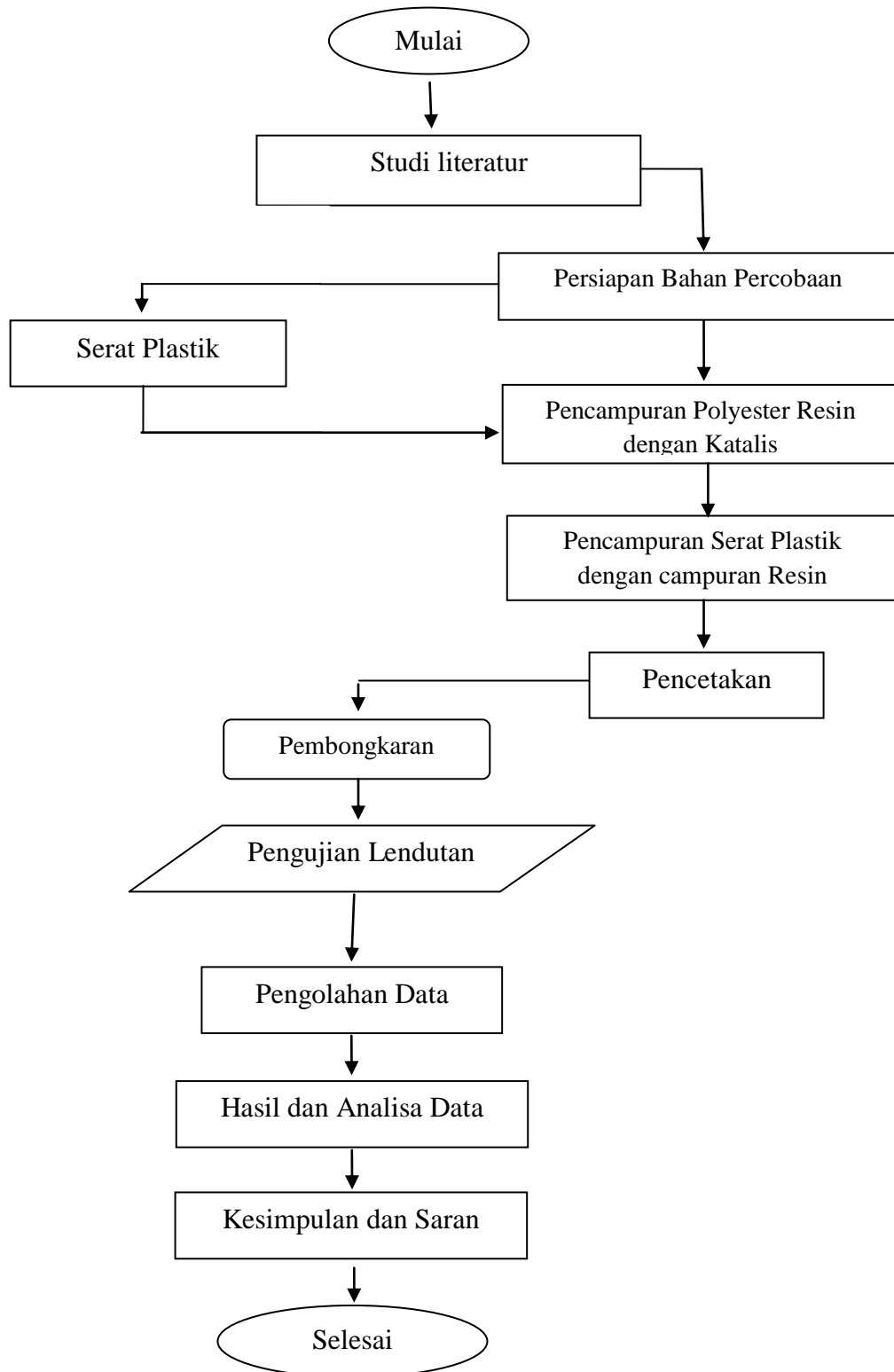
##### 3.1.1. Tempat dan waktu

1. Pembuatan dan pengujian bahan komposit dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jln. Kapt Mukhtar Basri no. 3, Medan
2. Waktu pelaksanaan dilakukan setelah mendapatkan persetujuan dari dosen pembimbing dan disahkan oleh ketua Program Studi Teknik Mesin UMSU sampai dinyatakan selesai

Tabel 3.1 Jadwal penelitian dan pembuatan specimen komposit

<b>Jadwal Penelitian Pengaruh ukuran dan bentuk terhadap kekuatan lendutan pada bahan komposit yang diperkuat dengan variasi serat plastik</b>							
Nama kegiatan	Apr2017	Mei2017	Jun2017	Jul2017	Agt2017	Sep2017	Okt2017
Pengajuan judul							
Studi literature							
Penyiapan alat dan bahan, dan pembuatan komposit							
Pengujian							
Penyelesaian skripsi							

### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

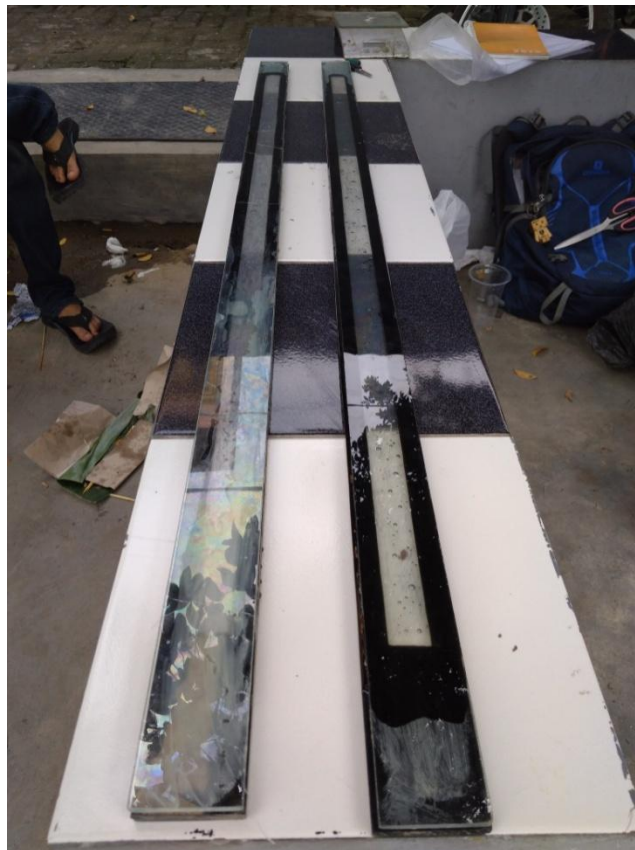
### 3.3 Alat dan Bahan

Dalam proses pembuatan dan pengujian bahan komposit ini menggunakan beberapa alat dan bahan untuk membuat spesimen yang kemudian dapat dilakukan pengujian bahan komposit.

#### 3.3.1 Alat-alat yang digunakan untuk proses pembuatan spesimen komposit

1. Cetakan spesimen defleksi

Cetakan terbuat dari kaca akrilik dengan alas dan penutup terbuat dari kaca biasa. Fungsi cetakan ini digunakan untuk membentuk dan mengeraskan spesimen defleksi.



Gambar 3.2 Cetakan spesimen defleksi



## 2. Neraca digital

Neraca digital digunakan untuk menimbang berat dari polyester resin, katalis dan serat plastik. Kemudian resin dan katalis disatukan sesuai dengan variasi volumenya yang sudah ditentukan.



Gambar 3.3 Neraca Digital

## 3. Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus millimeter. Terdiri dari dua bagian, bagian bergerak dan bagian bergerak. Jangka sorong memiliki dua jenis, manual dan digital. Jangka sorong digunakan sebagai alat untuk mengukur panjang, lebar, dan tebal pada spesimen.



Gambar 3.4 Jangka sorong

#### 4. Wadah dan pengaduk

Wadah digunakan sebagai tempat pencampuran antara polyester resin dan katalis. Pengaduk berfungsi sebagai alat pengaduk polyester resin dan katalis didalam wadah, agar proses pencampurannya merata.



Gambar 3.5 Wadah Pengaduk

### 3.3.2 Bahan yang digunakan untuk proses pembuatan spesimen komposit

#### 1. Serat Plastik

Plastik mempunyai sifat mekanis yang unggul dalam kekuatan lendutan, plastik juga termasuk golongan ketahanan abrasi dan pelumasan yang paling menguntungkan diantara berbagai jenis resin. Bahan ini tidak larut dalam alkohol, alkali, deterjen dan lain-lain, tetapi larut dalam fenol dan asam format.

Plastik yang digunakan adalah Plastik botol bekas aqua yang banyak ditemukan di lubang sampah atau tempat barang bekas dan dapat dilumerkan pada suhu  $3,8^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$ , sampai terbentuk lapisan film tipis, dari lapisan ini

dapat dipotong halus tanpa putus sehingga terbentuk serat yang merupakan benang-benang yang amat halus dan panjang.



Gambar 3.6 Serat Plastik

## 2. Polyester Resin

Resin adalah suatu kategori polimer yang mengandung gugus fungsional ester dalam rantainya. Terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda ini disebut sebagai polyester resin, polyester resin paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara *polikarbonat* dan *polibutirat*, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa.



Gambar 3.7 Polyester Resin

### 3. Katalis

Katalis atau pengeras terdiri dari katalisis homogen dan heterogen, misalnya Homogen (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok Ni(s) dapat bereaksi dengan kelompok hidrogenasi, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat.



Gambar 3.8 Katalis

### 4. Mirror Glaze (Wax)

Mirror glaze atau sering disebut dengan wax ini digunakan untuk melapisi cetakan spesimen, dengan cara mengolesi permukaan cetakan spesimen ASTM D 790 - 02 dengan mirror glaze sampai merata. Tujuannya agar mudah melepaskan spesimen komposit dari cetakan.



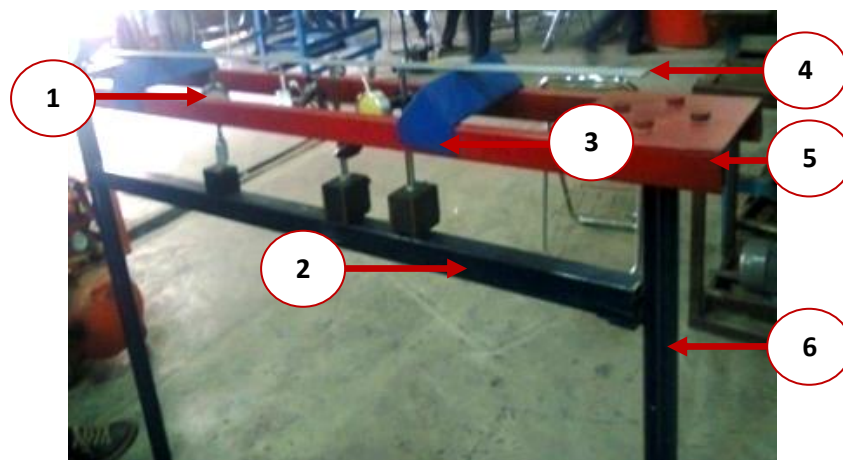
Gambar 3.9 Mirror Glaze (Wax)

### 3.3.3 Alat-alat yang digunakan untuk proses pengujian specimen komposit

#### 1. Alat Uji Lendutan (*Deflection Test*)

Alat uji lendutan digunakan untuk menguji spesimen komposit hingga terjadi lendutan, dengan demikian besar nilai dari lendutan spesimen dapat diketahui dengan menggunakan persamaan yang ada.

Pengujian lendutan dilakukan untuk mencari momen inersia dan modulus elastisitas pada spesimen.



Gambar 3.10 Alat Uji Lendutan (*Deflection Test*)

Keterangan gambar :

1. *Dial Test Indicator*
2. Dudukan *Dial Test Indicator*
3. Dudukan Spesimen
4. Spesimen
5. Meja Alat Uji
6. Kaki Alat Uji

### **3.4 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

#### 3.4.1 Studi Literatur

Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data awal sebagai studi spesimen. Studi spesimen bertujuan untuk mengetahui masalah yang dihadapi, serta untuk menyusun rencana kerja yang dilakukan.

#### 3.4.2 Penyiapan Bahan

Mengumpulkan semua bahan-bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan komposit. Diantaranya yaitu cetakan, serat plastik, polyester resin, katalis, mirror glaze dan alat pendukung lainnya.

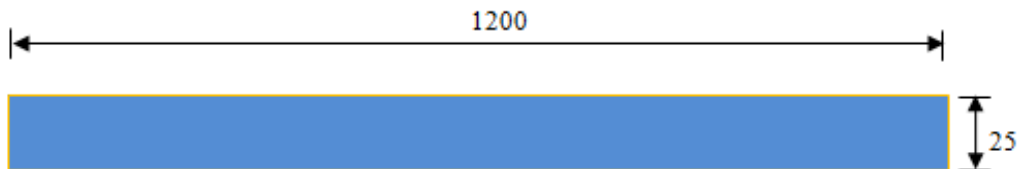
Langkah-langkah penyiapan serat plastik sebagai berikut :

1. Menyiapkan serat plastik.
2. Memotong serat plastik sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

### 3.5 Pembuatan Spesimen Komposit

#### 3.5.1 Pembuatan Spesimen Uji Lendutan

Pembuatan spesimen uji lendutan yang akan dicetak mengacu kepada standar ASTM D 790 - 02.



Gambar 3.11 Spesimen Uji Lendutan ASTM D 790 - 02

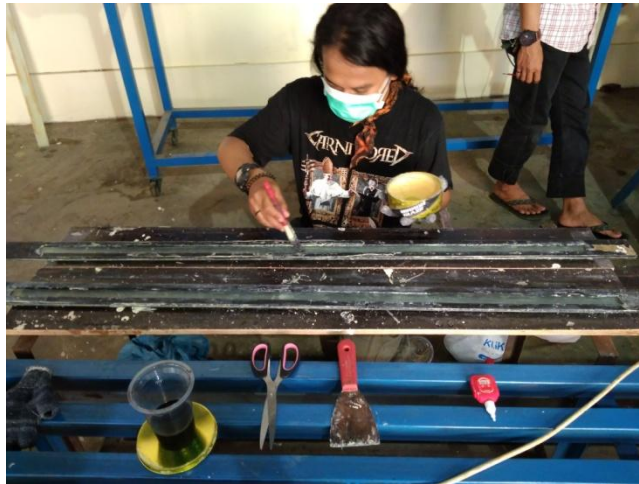
Proses pembuatan spesimen uji lendutan komposit serat plastik dengan polyester resin dan katalis adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan serat plastik sesuai dengan ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.12 Memotong serat plastik sesuai dengan ukuran diinginkan.

- b. Mengoleskan mirror glaze pada setiap bagian dalam cetakan, tujuannya agar memudahkan pengambilan spesimen dari cetakan setelah mengalami proses pengeringan.



Gambar 3.13 Mengoleskan mirror glaze pada bagian cetakan spesimen.

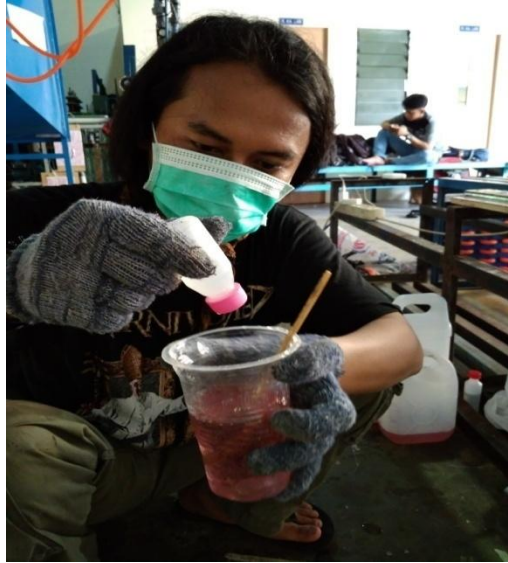
- c. Menimbang berapa berat perbandingan polyester resin dengan katalis yang diinginkan.



Gambar 3.14 Menimbang polyester resin dan katalis.



- d. Mencampurkan polyester resin dengan katalis yang telah ditimbang sesuai dengan perbandingan. Kemudian keduanya masukkan ke dalam wadah dan aduk hingga merata.



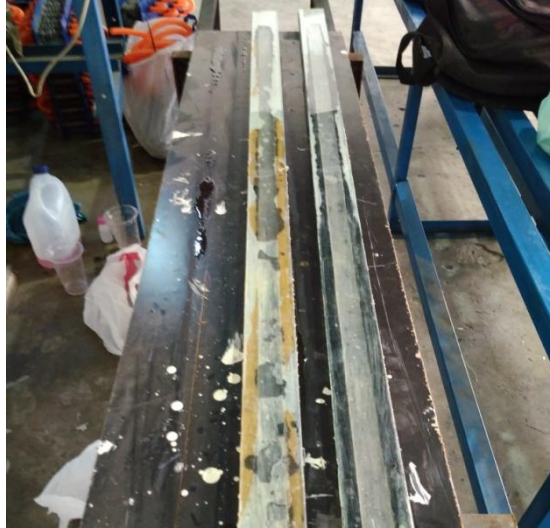
Gambar 3.15 Mencampurkan polyester resin dengan katalis.

- e. Menuangkan campuran polyester resin dan katalis ke dalam cetakan, dilanjutkan dengan penempatan serat plastik sebanyak yang diinginkan, kemudian diatas serat dituang lagi campuran polyester resin dan katalis.



Gambar 3.16 Menuangkan campuran resin dan menempatkan serat plastik.

- f. Menutup cetakan spesimen komposit dengan kaca biasa. Dalam menutup cetakan harus dipastikan benar-benar tertutup dengan baik.



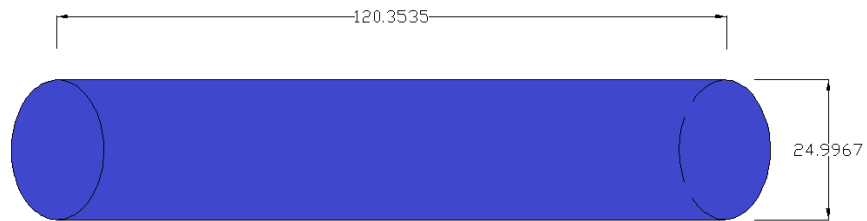
Gambar 3.17 Menutup cetakan spesimen komposit dengan kaca.

- g. Pengeringan spesimen dalam cetakan selama  $\pm 6$  jam, kemudian spesimen dilepas dari cetakan.
- h. Pengeringan spesimen diluar cetakan selama  $\pm 1$  hari atau sampai benar-benar mengeras.
- i. Melakukan proses seperti diatas untuk membuat spesimen dengan perbandingan campuran polyester resin dan serat plastik yang berbeda (berfariabel).

Semua pengerjaan pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay up*. Dengan penekanan secara manual menggunakan cetakan sebagai penekan guna untuk mengurangi void.

### 3.5.2 Pembuatan Spesimen Uji Lendutan Silinder

Pembuatan spesimen uji lendutan (Defleksi) yang akan dicetak mengacu kepada standar ukuran alat uji lendutan (Defleksi) yang dimiliki lab. Teknik mesin UMSU.



Gambar 3.18 Spesimen Uji Lendutan Silinder ASTM D 790 - 02

Proses pembuatan spesimen uji lendutan silinder komposit serat plastik dengan polyester resin dan katalis adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan serat plastik sesuai dengan ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.19 Mempersiapkan serat plastik

- b. Menimbang berat perbandingan polyester resin dengan katalis yang diinginkan.



Gambar 3.20 Menimbang polyester resin dan katalis

- c. Mencampurkan polyester resin dengan serat plastik lalu diberi katalis sesuai dengan perbandingan. Kemudian ketiganya masukkan kedalam satu wadah dan aduk hingga merata.



Gambar 3.21 Mencampurkan polyester resin,serat plastik dengan katalis

- d. Menuangkan campuran polyester resin, serat plastik dan katalis yang sudah merata kedalam cetakan, yang telah disesuaikan volumenya.



Gambar 3.22 Menuangkan campuran resin kedalam cetakan.

- e. Jika sudah selesai menuangkan campuran resin, tutup kedua bagian cetakan.
- f. dengan dop bagian atas dan bawah (penutup), kemudian berikan beban diatasnya (bila perlu) agar cetakan benar-benar mengalami penekanan secara manual.



Gambar 3.23 Mentup cetakan dengan menggunakan dop pipa

- g. Pengeringan spesimen dalam cetakan selama  $\pm 2$  jam, kemudian spesimen dilepas dari cetakan.
- h. Pengeringan specimen diluar cetakan selama  $\pm 1$  hari atau sampai benar-benar mengeras.

### **3.6 Pengujian Komposit**

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji sifat-sifat dari suatu bahan. Pengujian sifat mekanis yang dilakukan pada penelitian ini ialah pengujian lendutan (defleksi). Dan pengujian lendutan (defleksi) dilakukan untuk mengetahui seberapa lentur bahan komposit tersebut. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### 3.6.1. Langkah Kerja Uji Lendutan (*Deflection Test*)

Langkah-langkah pengujian lendutan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemberian tanda pada setiap spesimen untuk menghindari kesalahan dalam pembacaan data.



Gambar 3.24 Pemberian tanda nomor pada spesimen

2. Menyiapkan semua perangkat alat uji lendutan (*Defleksi*), seperti dial test indicator, beban, pengait beban dan alat pendukung lainnya.



Gambar 3.25 Mensetting dialtest indokator

3. Mengukur panjang, lebar dan tebal spesimen komposit yang akan diuji.
4. Menimbang beban yang akan diberikan dalam percobaan dengan neraca digital dan catat hasil pengukuran.
5. Merakit spesimen komposit pada alat uji lendutan (*Defleksi*)
6. Mensetting posisi spesimen komposit terhadap dial test indicator agar sesuai dengan titik yang ditentukan.



Gambar 3.26 Menssetting specimen terhadap dial test indicator

7. Memberikan beban kepada spesimen komposit di titik-titik yang telah ditentukan dalam pengujian.



Gambar 3.27 Memberikan beban pada titik spesimen



8. Mengukur dan membaca hasil dari pengujian lendutan (*Defleksi*) dengan melihat dial test indicator, kemudian mencatat hasil pengukuran ke dalam tabel percobaan (*Data sheet*) yang telah disiapkan.



Gambar 3.28 Mencatat hasil uji lendutan

9. Memastikan semua data telah diperoleh agar dapat dilanjutkan dengan proses analisa data.
10. Merapikan dan membersihkan alat-alat dalam pengujian lendutan (*Defleksi*) kembali. Pengujian selesai dilakukan.

### 3.6.2. Langkah Kerja Uji Lendutan Silinder (*Deflection Test*)

Langkah-langkah pengujian lendutan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemberian tanda pada setiap specimen untuk menghindari kesalahan dalam pembacaan data.



Gambar 3.29 Pemberian tanda nomor pada spesimen silinder

2. Menyiapkan semua perangkat alat uji lendutan (*Defleksi*), seperti dial test indicator, beban, pengait beban dan alat pendukung lainnya.



Gambar 3.30 Menssetting dial test indikator

3. Mengukur panjang, lebar dan tebal spesimen komposit yang akan diuji.
4. Menimbang beban yang akan diberikan dalam percobaan dengan neraca digital dan catat hasil pengukuran.
5. Merakit spesimen komposit pada alat uji lendutan (*Defleksi*)



Gambar 3.31 Merakit Uji Lendutan

6. Mensetting posisi spesimen komposit terhadap dial test indicator agar sesuai dengan titik yang ditentukan.



Gambar 3.32 Mensetting specimen terhadap dial test indikator

7. Memberikan beban kepada spesimen komposit di titik-titik yang telah ditentukan dalam pengujian.



Gambar 3.33 Memberikan beban pada titik spesimen

8. Mengukur dan membaca hasil dari pengujian lendutan (*Defleksi*) dengan melihat dial test indicator, kemudian mencatat hasil pengukuran ke dalam tabel percobaan (*Data sheet*) yang telah disiapkan.



Gambar 3.34 Mencatat hasil lendutan

9. Memastikan semua data telah diperoleh agar dapat dilanjutkan dengan proses analisa data.
10. Merapikan dan membersihkan alat-alat dalam pengujian lendutan (*Defleksi*) kembali. Pengujian selesai dilakukan.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Analisa Uji Lendutan (Defleksi)

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil analisa dari data pengujian uji defleksi yang telah didapat dari proses pengujian. Data uji defleksi didapat dari lima buah spesimen, yaitu : 5 buah spesimen yang masing-masingnya berbeda variasi serat plastik yaitu: (1 gram,2 gram,5 gram,8 gram,10 gram). Sementara untuk data uji defleksi silinder didapat dari 3 buah spesimen dengan serat plastik yang bervariasi yaitu: ( 10 gram,15 gram,20,gram ).

#### 4.2 Analisa Spesimen Uji Defleksi

Dari pengujian defleksi yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UMSU, maka didapat data hasil pengujian dari setiap spesimen dengan beban yang sama dan variasi serat plastik yang berbeda. Data hasil pengujian dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian uji defleksi

Spesimen	Beban (gr)	Y1 (mm)	Y2 (mm)	Y3 (mm)	C1 (mm)	C2 (mm)	C3 (mm)	C4 (mm)
1	97	1,37	2,91	1,91	146	146	146	146
2	97	1,56	2,91	1,93	147,5	147,5	147,5	147,5
3	97	1,88	3,78	1,56	158	158	158	158
4	97	1,92	2,03	1,90	160	160	160	160
5	97	1,80	2,58	1,85	151	151	151	151

#### 4.2.1 Spesimen 1

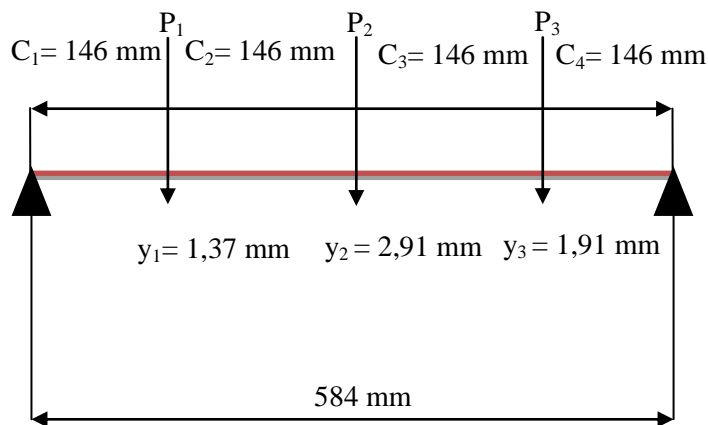
Dik :  $L = 584 \text{ mm}$

$b = 25 \text{ mm}$

$h = 3 \text{ mm}$

Momen Inersia ( $I$ )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}^3}{12} = \frac{675 \text{ mm}^4}{12} = 56,25 \text{ mm}^4$$



Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$1,37 \text{ mm} + 2,91 \text{ mm} + 1,91 \text{ mm} = \frac{97 \text{ gr} \cdot (146 \text{ mm})^2 \cdot (146 \text{ mm} + 146 \text{ mm} + 146 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 584 \text{ mm}}$$

$$+ \frac{97 \text{ gr} \cdot (146 \text{ mm} + 146 \text{ mm})^2 \cdot (146 \text{ mm} + 146 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 584 \text{ mm}}$$

$$+ \frac{97 \text{ gr} \cdot (146 \text{ mm} + 146 \text{ mm} + 146 \text{ mm})^2 \cdot (146 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 584 \text{ mm}}$$

$$6,19 \text{ mm} = \frac{3,96 \times 10^{11}}{E \cdot 98550 \text{ mm}^4} + \frac{7,05 \times 10^{11}}{E \cdot 98550 \text{ mm}^4} + \frac{3,96 \times 10^{11}}{E \cdot 98550 \text{ mm}^4}$$

$$6,19 \text{ mm} = \frac{1,497 \times 10^{12}}{E \cdot 98550 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{1,497 \times 10^{12}}{6,19 \text{ mm} \cdot 98550 \text{ mm}^4}$$

$$E = 245399,9798 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 245,3999 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.2.2 Spesimen 2

Dik : L = 590 mm

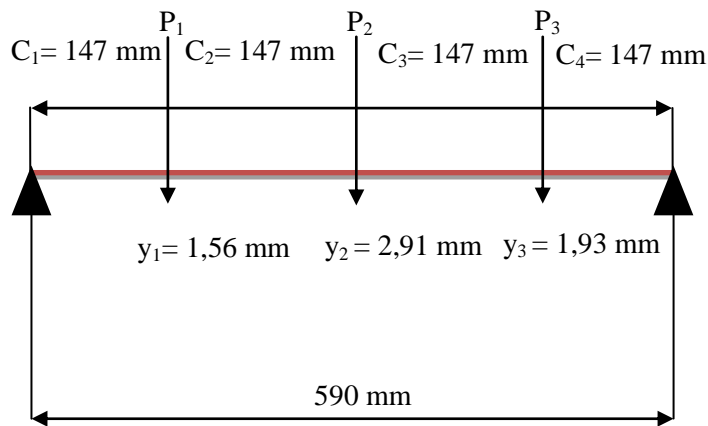
b = 25 mm

h = 3 mm

Momen Inersia ( I )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}^3}{12} = \frac{675 \text{ mm}^4}{12} = 56,25 \text{ mm}^4$$





Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$1,56 \text{ mm} + 2,91 \text{ mm} + 1,93 \text{ mm} = \frac{97 \text{ gr} \cdot (147 \text{ mm})^2 \cdot (147 \text{ mm} + 147 \text{ mm} + 147 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 590 \text{ mm}} + \frac{97 \text{ gr} \cdot (147 \text{ mm} + 147 \text{ mm})^2 \cdot (147 \text{ mm} + 147 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 590 \text{ mm}} + \frac{97 \text{ gr} \cdot (147 \text{ mm} + 147 \text{ mm} + 147 \text{ mm})^2 \cdot (147 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 590 \text{ mm}}$$

$$6,4 \text{ mm} = \frac{4,07 \times 10^{11}}{E \cdot 995625 \text{ mm}^4} + \frac{7,24 \times 10^{11}}{E \cdot 995625 \text{ mm}^4} + \frac{4,07 \times 10^{11}}{E \cdot 995625 \text{ mm}^4}$$

$$6,4 \text{ mm} = \frac{1,538 \times 10^{12}}{E \cdot 995625 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{1,538 \times 10^{12}}{6,4 \text{ mm} \cdot 995625 \text{ mm}^4}$$

$$E = 24843,0634 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 248,4306 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.2.3 Spesimen 3

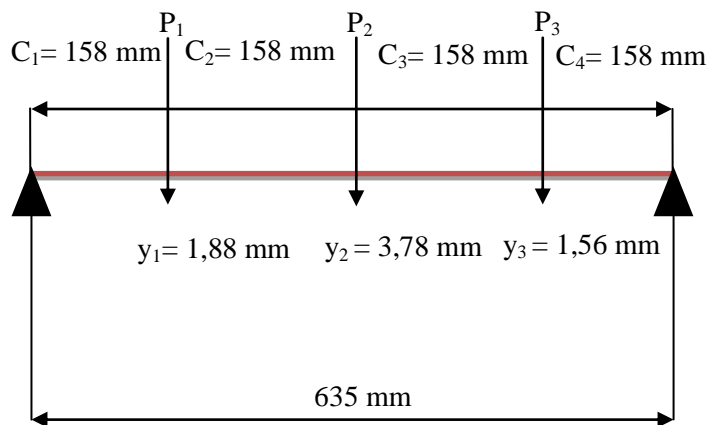
Dik : L = 635 mm

b = 25 mm

h = 3 mm

Momen Inersia ( I )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}^3}{12} = \frac{675 \text{ mm}^4}{12} = 56,25 \text{ mm}^4$$



Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$1,88 \text{ mm} + 3,78 \text{ mm} + 1,56 \text{ mm} = \frac{97 \text{ gr} \cdot (158 \text{ mm})^2 \cdot (158 \text{ mm} + 158 \text{ mm} + 158 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 635 \text{ mm}} + \frac{97 \text{ gr} \cdot (158 \text{ mm} + 158 \text{ mm})^2 \cdot (158 \text{ mm} + 158 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 635 \text{ mm}} + \frac{97 \text{ gr} \cdot (158 \text{ mm} + 158 \text{ mm} + 158 \text{ mm})^2 \cdot (158 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 635 \text{ mm}}$$

$$7,22 \text{ mm} = \frac{5,44 \times 10^{11}}{E \cdot 11019375 \text{ mm}^4} + \frac{9,67 \times 10^{11}}{E \cdot 11019375 \text{ mm}^4} + \frac{5,44 \times 10^{11}}{E \cdot 11019375 \text{ mm}^4}$$

$$7,22 \text{ mm} = \frac{2,055 \times 10^{12}}{E \cdot 11019375 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{2,055 \times 10^{12}}{7,22 \text{ mm} \cdot 11019375 \text{ mm}^4}$$

$$E = 25829,5991 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 258,2959 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.2.4 Spesimen 4

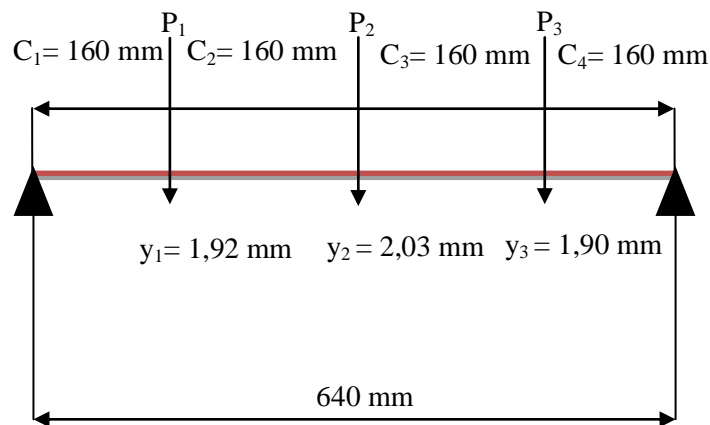
Dik :  $L = 640 \text{ mm}$

$b = 25 \text{ mm}$

$h = 3 \text{ mm}$

Momen Inersia ( $I$ )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}^3}{12} = \frac{675 \text{ mm}^4}{12} = 56,25 \text{ mm}^4$$



Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$\begin{aligned}
1,92 \text{ mm} + 2,03 \text{ mm} + 1,90 \text{ mm} &= \frac{97 \text{ gr} \cdot (160 \text{ mm})^2 \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 640 \text{ mm}} \\
&+ \frac{97 \text{ gr} \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2 \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 640 \text{ mm}} \\
&+ \frac{97 \text{ gr} \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2 \cdot (160 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 640 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

$$5,85 \text{ mm} = \frac{5,72 \times 10^{11}}{E \cdot 108000 \text{ mm}^4} + \frac{1,01 \times 10^{11}}{E \cdot 108000 \text{ mm}^4} + \frac{5,72 \times 10^{11}}{E \cdot 108000 \text{ mm}^4}$$

$$5,85 \text{ mm} = \frac{1,144 \times 10^{12}}{E \cdot 108000 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{1,144 \times 10^{12}}{5,85 \text{ mm} \cdot 108000 \text{ mm}^4}$$

$$E = 19763,2162 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 197,6321 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.2.5 Spesimen 5

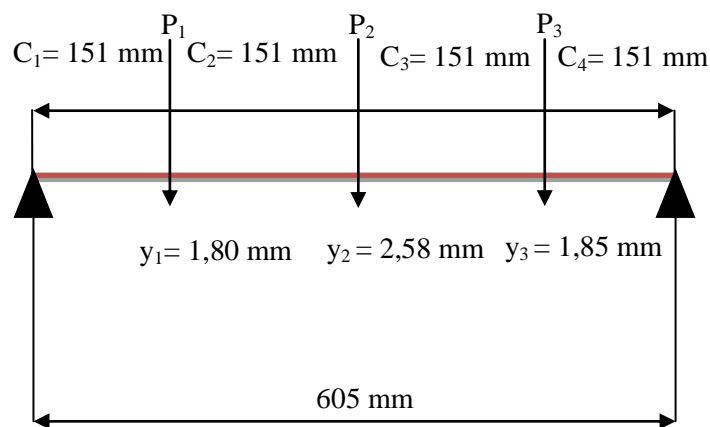
Dik :  $L = 605 \text{ mm}$

$b = 25 \text{ mm}$

$h = 3 \text{ mm}$

Momen Inersia ( $I$ )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}^3}{12} = \frac{675 \text{ mm}^4}{12} = 56,25 \text{ mm}^4$$



Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$1,80 \text{ mm} + 2,58 \text{ mm} + 1,85 \text{ mm} = \frac{97 \text{ gr} \cdot (151 \text{ mm})^2 \cdot (151 \text{ mm} + 151 \text{ mm} + 151 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 605 \text{ mm}}$$

$$+ \frac{97 \text{ gr} \cdot (151 \text{ mm} + 151 \text{ mm})^2 \cdot (151 \text{ mm} + 151 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 605 \text{ mm}}$$

$$+ \frac{97 \text{ gr} \cdot (151 \text{ mm} + 151 \text{ mm} + 151 \text{ mm})^2 \cdot (151 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 56,25 \text{ mm}^4 \cdot 605 \text{ mm}}$$

$$6,23 \text{ mm} = \frac{4,53 \times 10^{11}}{E \cdot 10209375 \text{ mm}^4} + \frac{8,06 \times 10^{11}}{E \cdot 10209375 \text{ mm}^4} + \frac{4,53 \times 10^{11}}{E \cdot 10209375 \text{ mm}^4}$$

$$6,23 \text{ mm} = \frac{5,789 \times 10^{12}}{E \cdot 10209375 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{5,789 \times 10^{12}}{6,23 \text{ mm} \cdot 10209375 \text{ mm}^4}$$

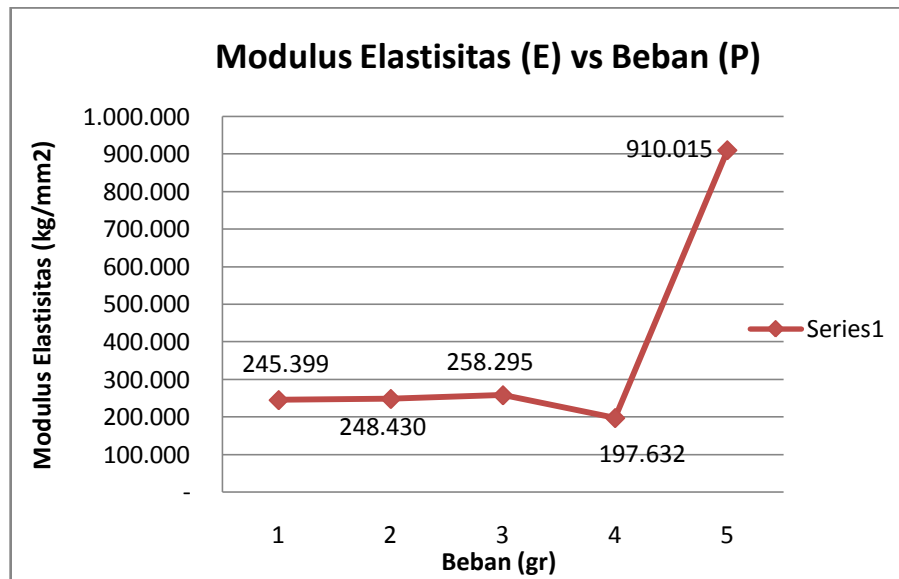
$$E = 910157,0695 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 910,01570 \text{ kg/mm}^2$$

### 4.3 Pembahasan Hasil Pengujian Lendutan

Dari data hasil pengujian uji lendutan (*deflection*) spesimen komposit dengan polyester resin dan katalis yang diperkuat dengan variasi serat plastik yang dilakukan 5 kali pengujian terhadap spesimen dengan beban yang sama, Maka didapat hasil grafik antara modulus elastisitas ( *E* ) dan beban ( *P* ) dari hasil pengujian tersebut, seperti dibawah ini.

#### 4.3.1 Grafik hasil pengujian lendutan spesimen 1, 2, 3, 4 dan 5.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan elastisitas vs beban spesimen 1, 2, 3, 4 dan 5.

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa grafik perbandingan pada spesimen 1, 2, 3, 4 dan 5 setelah diuji lendutan (*deflection*) dan dihitung maka didapat nilai modulus elastis pada spesimen 1 sebesar 245,39 kg/mm<sup>2</sup> dengan serat 1 gr, nilai modulus elastis pada spesimen 2 sebesar 243,84 kg/mm<sup>2</sup> dengan serat 2 gr, nilai modulus elastis pada spesimen 3 sebesar 288,81 kg/mm<sup>2</sup> dengan serat 5 gr, nilai modulus elastis pada specimen 4 sebesar 198,43 kg/mm<sup>2</sup> dengan serat 8 gr, dan nilai modulus elastic pada specimen 5 sebesar 942,88 kg/mm<sup>2</sup>. Maka dari hasil grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian pada spesimen 5 dengan serat 10 gr dan beban 97 gr memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi.



#### 4.4 Analisa Spesimen Uji Lendutan Silinder (Defleksi)

Dari pengujian defleksi spesimen silinder yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UMSU, maka didapat data hasil pengujian dari setiap spesimen dengan beban yang sama dan jarak titik tumpu yang berbeda. Data hasil pengujian dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian uji defleksi silinder

Spesimen	Beban (gr)	Y1 (mm)	Y2 (mm)	Y3 (mm)	C1 (mm)	C2 (mm)	C3 (mm)	C4 (mm)
1	491	0,15	0,90	0,35	160	160	160	160
2	491	0,20	0,21	0,10	165	165	165	165
3	491	0,23	0,29	0,19	165	165	165	165

##### 4.4.1 Spesimen 1

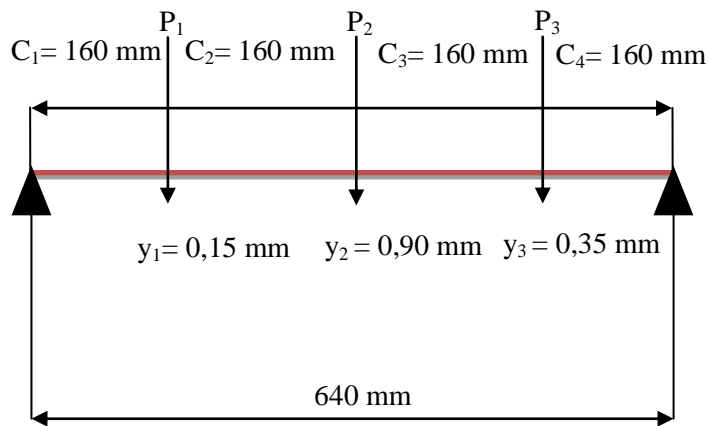
Dik : L = 640 mm

D = 24,6 mm

Luas Diameter Silinder = 475 mm

Momen Inersia ( I )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{24,6 \text{ mm} \cdot 475 \text{ mm}^3}{12} = \frac{11685 \text{ mm}}{12} = 973,75 \text{ mm}^4$$



Elastisitas (  $E$  )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$0,15 \text{ mm} + 0,90 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} = \frac{491 \text{ gr} \cdot (160 \text{ mm})^2 \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 640 \text{ mm}} + \frac{491 \text{ gr} \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2 \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 640 \text{ mm}} + \frac{491 \text{ gr} \cdot (160 \text{ mm} + 160 \text{ mm} + 160 \text{ mm})^2 \cdot (160 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 640 \text{ mm}}$$

$$1,4 \text{ mm} = \frac{2,89 \times 10^{11}}{E \cdot 1869600 \text{ mm}^4} + \frac{5,14 \times 10^{12}}{E \cdot 1869600 \text{ mm}^4} + \frac{2,89 \times 10^{11}}{E \cdot 1869600 \text{ mm}^4}$$

$$1,4 \text{ mm} = \frac{5,718 \times 10^{12}}{E \cdot 1869600 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{5,718 \times 10^{12}}{1,4 \text{ mm} \cdot 1869600 \text{ mm}^4}$$

$$E = 21845,7729 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 218,4577 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.4.2 Spesimen 2

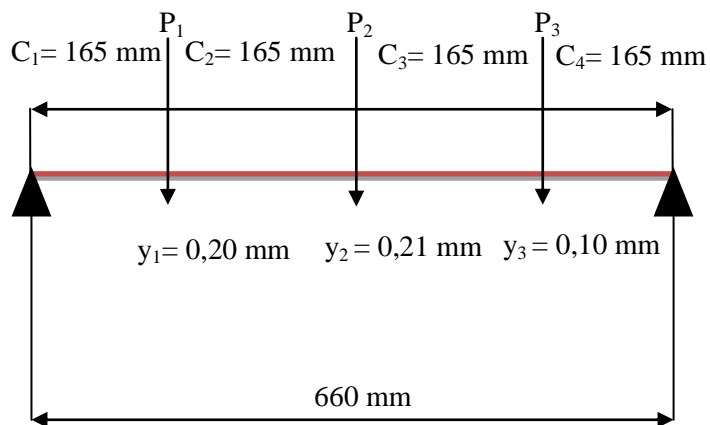
Dik : L = 660 mm

D = 24,6 mm

Luas Diameter Silinder = 475 mm

Momen Inersia ( I )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{24,6 \text{ mm} \cdot 475 \text{ mm}^3}{12} = \frac{11685 \text{ mm}^4}{12} = 973,75 \text{ mm}^4$$



Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$0,20 \text{ mm} + 0,21 \text{ mm} + 0,10 \text{ mm} = \frac{491 \text{ gr} \cdot (165 \text{ mm})^2 \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 660 \text{ mm}}$$

$$+ \frac{491 \text{ gr} \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2 \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 660 \text{ mm}}$$

$$+ \frac{491 \text{ gr} \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2 \cdot (165 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 660 \text{ mm}}$$

$$0,51 \text{ mm} = \frac{3,27 \times 10^{11}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4} + \frac{5,82 \times 10^{12}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4} + \frac{3,27 \times 10^{11}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4}$$

$$0,51 \text{ mm} = \frac{5,934 \times 10^{12}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{3,07 \times 10^{12}}{0,51 \text{ mm} \cdot 1928025 \text{ mm}^4}$$

$$E = 60348,2533 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 603,48253 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.4.3 Spesimen 3

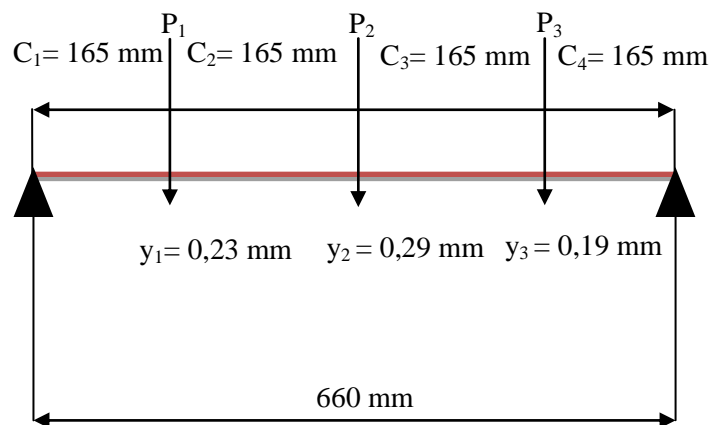
Dik :  $L = 669 \text{ mm}$

$D = 24,6 \text{ mm}$

Luas Diameter Silinder =  $475 \text{ mm}$

Momen Inersia ( $I$ )

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{24,6 \text{ mm} \cdot 475 \text{ mm}^3}{12} = \frac{11685 \text{ mm}^4}{12} = 973,75 \text{ mm}^4$$



Elastisitas ( $E$ )

$$y_1 + y_2 + y_3 = \frac{P_1 \cdot C_1^2 \cdot (C_2 + C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_2 \cdot (C_1 + C_2)^2 \cdot (C_3 + C_4)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L} + \frac{P_3 \cdot (C_1 + C_2 + C_3)^2 \cdot C_4^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}$$

$$\begin{aligned}
0,23 \text{ mm} + 0,29 \text{ mm} + 0,19 \text{ mm} &= \frac{491 \text{ gr} \cdot (165 \text{ mm})^2 \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 660 \text{ mm}} \\
&+ \frac{491 \text{ gr} \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2 \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 660 \text{ mm}} \\
&+ \frac{491 \text{ gr} \cdot (165 \text{ mm} + 165 \text{ mm} + 165 \text{ mm})^2 \cdot (165 \text{ mm})^2}{3 \cdot E \cdot 973,75 \text{ mm}^4 \cdot 660 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

$$0,71 \text{ mm} = \frac{3,27 \times 10^{11}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4} + \frac{5,82 \times 10^{12}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4} + \frac{3,27 \times 10^{11}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4}$$

$$0,71 \text{ mm} = \frac{6,474 \times 10^{12}}{E \cdot 1928025 \text{ mm}^4}$$

$$E = \frac{6,474 \times 10^{12}}{0,71 \text{ mm} \cdot 1928025 \text{ mm}^4}$$

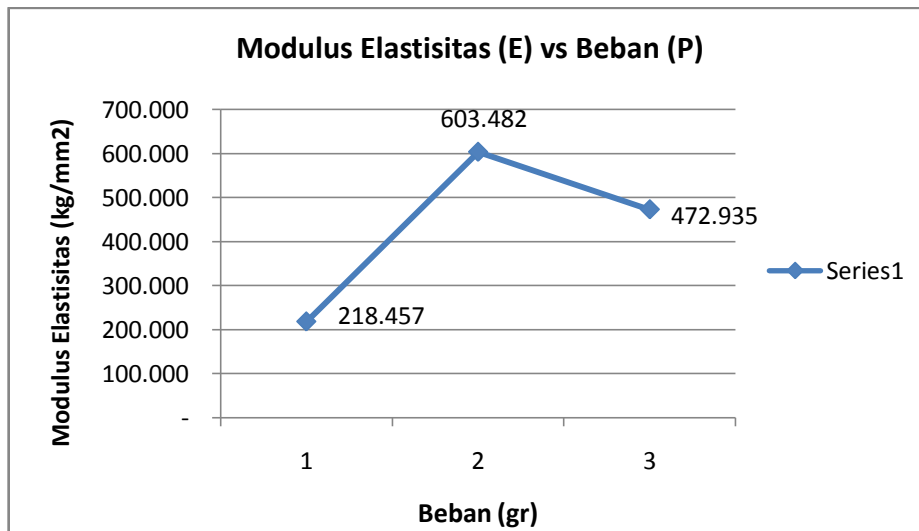
$$E = 47293,5250 \text{ gr/mm}^2$$

$$E = 472,93525 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4.5 Pembahasan Hasil Pengujian Lendutan Spesimen Silinder

Dari data hasil pengujian uji lendutan (*deflection*) spesimen komposit dengan polyester resin dan katalis dengan diperkuat serat plastik yang dilakukan 3 kali pengujian terhadap spesimen dan beban yang sama, Maka didapat hasil grafik antara modulus elastisitas ( $E$ ) dan beban ( $P$ ) dari hasil pengujian tersebut, seperti dibawah ini

##### 4.5.1 Grafik hasil pengujian lendutan spesimen silinder 1, 2 dan 3.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan elastisitas vs beban spesimen 1, 2 dan 3.

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa grafik perbandingan pada specimen silinder 1, 2, dan 3 setelah diuji lendutan (*deflection*) dan dihitung maka didapat nilai modulus elastis pada spesimen 1 sebesar 218,457 kg/mm<sup>2</sup> dengan beban 491 gr, nilai modulus elastis pada spesimen 2 sebesar 603,482 kg/mm<sup>2</sup> dengan beban 491 gr, dan nilai modulus elastis pada spesimen 3 sebesar 472,935 kg/mm<sup>2</sup> dengan beban 491 gr. Maka dari hasil grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian pada spesimen 2 dengan beban 491 gr memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

1. Dari hasil pengujian lendutan dan analisa data perhitungan bahwa perbandingan variasi serat plastik dengan polyester resin dan katalis pada spesimen 1 sampai 5 maka spesimen 5 dengan serat plastik 10 gr dengan menggunakan beban 97 gr memiliki nilai modulus elastisitas maksimum yang tertinggi adalah sebesar 910,0570 kg/mm<sup>2</sup>,
2. Dan dari hasil pengujian lendutan spesimen silinder bahwa perbandingan variasi serat plastik dengan polyester resin dan katalis pada pengujian lendutan spesimen 1 sampai 3 maka specimen 3 dengan serat plastik 15 gr dan beban 491 gr memiliki nilai modulus elastisitas maksimum yang tertinggi adalah sebesar 603,48253 kg/m<sup>m2</sup>.

#### **5.2 Saran**

Untuk mengetahui lebih jauh tentang sifat mekanik komposit serat plastik, disarankan :

1. Agar memperhatikan proses pengadukan polyester resin dan katalis agar hasil yang diperoleh lebih maksimal.
2. Penuangan spesimen uji lendutan silinder harus diperbaharui untuk memperlancar proses pengujian.
3. Alat uji defleksi (lendutan) sebaiknya diperbaharui untuk mempermudah dalam proses pengujian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM D790-02. *Standard test method for tensile properties of plastics*. Amerika : American National Standard on Mechanical Properties.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill, Inc.
- Iswanto, Heri Apri, 2005. *Polimer Komposit*. e – USU Repository
- Annual Book of Tabel Berat Besi. *Standard test method for tensile dan Bending Requirement*. Medan:PT.Bilah Baja Makmur Abadi.
- Jones M. R. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd.
- Anonymous 1992. *Pengetahuan Bahan PMS*,Bandung.
- Diharjo, K., Dan Triyono, T. 2000. *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Charles A, Harper. 2000. *Modern Plastic Handbook*. Mc Graw – Hill.
- Henkel,Daniel P.2002 *Struktur dan Properties Of Engineering Material Teknik* New York,Me Gravo Hill Companies.
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.