

**SIMULASI KEKUATAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT
TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI



Disusun oleh :

DEDI KURNIADI

11.813.0007

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2018**

**SIMULASI KEKUATAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT
TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

DEDI KURNIADI

118130007

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2018**

Lembar Pengesahan

Judul Skripsi : Simulasi Kekuatan Mekanis Material
Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan
Metode Elemen Hingga

Nama : Dedi Kurniadi

NPM : 11 813 0007

Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

Pembimbing 1



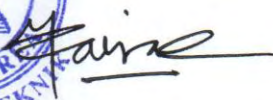
Ir. H. Amru Siregar, MT

Pembimbing 2



Bobby Umroh, ST, MT

DEKAN



Dr. Faisal Amri Tanjung, SST, MT

Ketua Jurusan



Bobby Umroh, ST, MT

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

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 Medan Area.

Medan, Oktober 2018



Dedi Kurniadi

NPM 118130007

SIMULASI KEKUATAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT TEMPURUNG
KELAPA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Oleh:

Dedi Kurniadi

Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Medan Area

Abstrak

Spesimen matriks resin dibuat dengan standar ASTM D 638 M-84 dengan bahan resin epoksi dan katalis menggunakan metode pengecoran. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik pengujian laboratorium. Instrumen yang digunakan berupa lembar pencatatan. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kekuatan tarik komposit tertinggi dengan tata letak random sebesar 3,38 kgf/mm² dan perpanjangan sebesar 0,38 mm, Cross sebesar 3,03 kgf/mm² dan perpanjangan sebesar 0,86 mm, continuous sebesar 2,24 kgf/mm² dan perpanjangan sebesar 1,03 mm, woven sebesar 1,64 kgf/mm² dan perpanjangan sebesar 0,64 mm. Bentuk patahan menunjukkan bahwa hasil pengujian tarik mengalami patahan getas, karena ujung patahan terdapat patahan 900 dan kasar, adanya mekanisme fiber pull out. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan rancangan penelitian eksperimental serta membandingkan hasil pengujian pada software ansys yang dilakukan penelitian di laboratorium. Objek penelitian berupa serat alam (tempurung kelapa) yang dipilih karena melimpahnya sumber daya alam tersebut.

Kata Kunci: kekuatan tarik, komposit, resin, tempurung kelapa

SIMULATION OF MECHANICAL POWER OF COCONUT MATERIAL
COMPOSITE USING FINITE ELEMENT METHOD

By:

Dedi Kurniadi

Department of Mechanical Engineering, University of Medan Area

Abstract.

The resin matrix specimens were prepared with ASTM D 638 M-84 standard with epoxy resin and catalyst using a casting method. Data collection techniques used are laboratory testing techniques. The instrument used is a recording sheet. From the results of the research, the highest composite tensile strength was obtained with random layout of 3.38 kgf / mm² and an extension of 0.38 mm, a cross of 3.03 kgf / mm² and an extension of 0.86 mm, a continuous of 2.24 kgf / mm² and an extension of 1.03 mm, woven of 1.64 kgf / mm² and an extension of 0.64 mm. The fault form indicates that the tensile test results have a brittle fracture, because the fracture end is a 90° and rough fault, and the mechanism of fiber pull out. This shows the weak bond between fiber and matrix because the fibers contain layers such as wax (lignin and other impurities) that block the interface bonds between the fibers and the matrix.

Keywords: *tensile strength, composite, resin, coconut shell*

KATAPENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Metode Elemen Hingga dengan judul: Simulasi Kekuatan Mekanis Kekuatan Material Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga.

Terima Kasih penulis sampaikan kepada Ir. H. Amru Siregar, MT dan Bobby Umroh, ST.MT selaku pembimbing serta Ir. H. Amirsyam Nst, MT yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Irpan Suheri Matondang, Agustiar Manik dan M. Yusuf Panjaitan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis,

(Dedi Kurniadi)

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Material Komposit.....	6
2.2.2 Polimer.....	13
2.2.3 Polyester.....	21
2.2.4 Ansys.....	36

III. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian.....	40
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	40
3.2.1 Waktu.....	40
3.2.2 Tempat Penelitian.....	41
3.3 Alat Dan Bahan.....	41
3.3.1 Alat.....	41
3.3.2 Bahan.....	41
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	49

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan Pengujian

Eksperimen..... 50

4.1.1 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan

Pengujian Eksperimen Dengan Fraksi 40g..... 50

4.1.2 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan

Pengujian Eksperimen Dengan Fraksi 50g..... 52

4.1.3 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan

Pengujian Eksperimen Dengan Fraksi 60g..... 54

4.1.4 Tabel Dan Diagram Hasil Data Pengujian Eksperimen

Dan Software Ansys..... 57

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 59

5.2 Saran..... 59

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	40
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Serbuk Arang Dengan Fraksi Berat 40g.....	42
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Serbuk Arang Dengan Fraksi Berat 50g.....	43
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Serbuk Arang Dengan Fraksi Berat 60g.....	45
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Eksperimen Fraksi 40g.....	50
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian Eksperimen Fraksi 50g.....	52
Tabel 4.3 Tabel Hasil Pengujian Eksperimen Fraksi 60g.....	54
Tabel 4.4 Tabel Hasil Data Pengujian Equivalent Elastis Strain Software Ansys.....	57
Tabel 4.5 Tabel Perbandingan Pengujian Eksperimen Dan Pengujian Ansys.....	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 (a) paralel dan (b) seri (Smallman, 2000).....	9
Gambar 2.2 (a) Kurva Tegangan-Regangan Untuk Logam Kristal Banyak, (b) Polimer Amorf (Smallman, 2000).....	11
Gambar 2.3 Mikrostruktur Lamina (Courtney,1999 Dalam(Widodo,2008).)	12
Gambar 2.4 Struktur Ikatan Silang Polimer Thermoset.....	16
Gambar 2.5 Kurva Tegangan Dan Regangan (Nurmaulita,2010).....	19
Gambar 2.6 Benda Tiga Dimensi.....	24
Gambar 2.7 Spesimen Pengujian Impact Charpy (ASTM E23-56).....	28
Gambar 2.8 Daerah Ulet, Getas, Dan Transisi.....	30
Gambar 2.9 Tempurung Dan Arang Yng Berasal Dari Tempurung Kelapa	33
Gambar 2.10 Bahan Resin Polimer Dan Katalis Mexpo.....	33
Gambar 2.11 Bahan Serat Dan Filler Limbah Sabut Kelapa.....	34
Gambar 2.12Pengadukan Resin Dan Katalis.....	35
Gambar 2.13Cetakan Sampel.....	35

Gambar 2.14. Penekanan Dengan Kunci Torsi.....	35
Gambar 2.15. Software Ansys.....	37
Gambar 2.16 Hasil Generate Gambar.....	37
Gambar 2.17 Hasil Proses Meshing Ukuran 1.....	38
Gambar 2.18 Pemberian Beban Tarikan Pada Bagian Bawah.....	38
Gambar 3.1 Sampel Uji Material Komposit Tempurung Kelapa.....	41
Gambar 3.2 Ukuran Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D638.....	48
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	49
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Stress Fraksi 40g.....	51
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Equivalent Elastic Strain Fraksi 40g.....	51
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Stress Fraksi 50g.....	53
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Equivalent Elastic Strain Fraksi 50g.....	53
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Stress Fraksi 60g.....	55
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Equivalent Elastic Strain Fraksi 60g.....	56
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Safety Factor.....	56
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Pengujian Menggunakan Eksperimen Dan Software Ansys.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berputarnya bumi mengartikan waktu terus berjalan. Pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin bertambah, hal ini akan berdampak pada kebutuhan yang akan meningkat. Selain sandang pangan manusia membutuhkan kebutuhan sekunder yang akan melengkapi kehidupan manusia demi mendapatkan kepuasan menjalani kehidupan.

Logam masih jadi pilihan utama untuk bahan dasar berbagai macam jenis produk. Harga logam sendiri terus meningkat dikarenakan bahan yang berasal dari Hasil penambangan akan semakin susah didapatkan. Hal ini membuat banyak pihak untuk berpikir mendapatkan ide kreatif membuat bahan alternatif pengganti logam. Sebagian para pemikir telah beralih kepada bahan material komposit. Serat serat alami dipilih untuk mendapatkan hasil yang efisien demi kelangsungan hidup yang baik. Tempurung kelapa adalah salah satu bahan alami yang bisa jadi bahan material komposit. Bahan ini didapatkan dari buah kelapa.

Tumbuhan kelapa sangat banyak tumbuh di Indonesia. Bahkan tumbuhan ini adalah salah satu rempah masak masyarakat Indonesia. Batok kelapa atau tempurung kelapa sangat mudah didapatkan di Indonesia. Sebelumnya sudah banyak orang yang melakukan penelitian tentang pemakaian tempurung kelapa sebagai bahan material komposit.

Ada juga arang tempurung ini dibuat menjadi Karbonaktif, karbon yang di proses sedemikian rupa sehingga pori – porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (internal surface), sehingga mempunyai daya serap yang baik. Keaktifan daya menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85 % sampai 95% karbon bebas. Karbon aktif yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak terasa dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu memiliki luas antara 300 sampai 2000 m²/gram. Karbon aktif ini mempunyai dua bentuk sesuai ukuran butirannya, yaitu karbon aktif bubuk dan karbon aktif granular (butiran). Karbon aktif bubuk ukuran diameter butirannya kurang dari atau sama dengan 325 mesh. Sedangkan karbon aktif granular ukuran diameter butirannya lebih besar dari 325 mesh.

Tujuan dari penelitian ini adalah pemanfaatan serbuk tempurung kelapa pada komposit Al₂O₃-Epoxy sehingga dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti material gesek kampas rem yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini, serbuk tempurung kelapa dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada komposit Al₂O₃-Epoxy yang dibuat dengan menggunakan metode hand lay up. Perbandingan fraksi volume serbuk tempurung kelapa dan Al₂O₃ divariasikan sebesar 0:40, 10:30, 20:20, 30:10 dan 40:10 (%). Perekat yang digunakan adalah resin epoxy yaitu sebesar 60 %. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian keausan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk tempurung kelapa pada komposit Al₂O₃-Epoxy dapat menurunkan nilai keausan sehingga

dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti material gesek kampas rem yang ramah lingkungan. Pada kesempatan ini penulis mengaplikasikan penggunaan bahan karbon tempurung kelapa sebagai bahan komposit untuk menganalisis geometrik dan kekuatan tariknya dengan cara mensimulasikannya dan juga menganalisisnya dengan menggunakan software ansys. judul penelitian yang akan dilaksanakan penulis pada kesempatan ini ialah “Simulasi Kekuatan Mekanis Material Komposit Tempurung kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga”

1.2 Perumusan Masalah

Pada umumnya pengamatan yang dilakukan mempunyai masalah yang nantinya akan disimpulkan menjadi perumusan masalah. Perumusan masalah yang disimpulkan ialah :

1. Bagaimanakah sifat-sifat mekanis setelah dilakukan proses pembuatan komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa.
2. Bagaimanakah sifat-sifat kekerasan dari bahan komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa.
3. Bagaimana reaksi dari bahan karbon tempurung kelapa jika terjadi kerusakan pada bagian yang mengalami keretakan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari tugas sarjana ini adalah penggunaan pada karbon tempurung kelapa dan hanya mengambil data dari percobaan eksperimen uji tarik berbahan dasar logam apabila dilakukan perbandingan. Untuk menghindari ketidak teraturan pembahasan dan mengingat luasnya pembahasan dan disertai dengan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis, maka pada tugas sarjana ini penulis membatasi masalah hanya sebatas:

1. Menganalisa kekuatan mekanis dengan bahan dasar karbon tempurung kelapa dengan cara mensimulasikannya.
2. Membandingkan hasil dari tegangan uji tarik dengan cara mensimulasikannya menggunakan Metode Elemen Hingga.
3. Hanya mengambil data pada uji tarik komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa.
4. Analisa hasil simulasi dan pengujian tarik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kekuatan tarik material komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa dengan metode elemen hingga.
2. Membandingkan hasil pengujian tarik manual dari data skripsi Khairul Amri dengan metode elemen hingga dari material komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari terlaksananya penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Memahami dan mengetahui kekuatan mekanis material komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa.
2. Mengetahui pengaruh massa karbon tempurung kelapa terhadap kekuatan mekanis.
3. Mengetahui perbandingan kekuatan mekanis dari uji tarik dan simulasi material komposit berbahan dasar karbon tempurung kelapa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Kualitas komposit hasil penelitian terbaik dengan *compatibilizer* maleat anhidrida sebagai berikut : densiti 1,2 g/cm³, kekerasan 88 Shore D, kuat tarik 97,27 kg/cm², perpanjangan putus 6,37%, stabilitas dimensi untuk panjang, 0,08%, dan lebar, 0,1%. (Dwi w. dkk, 2011)

Serbuk tempurung kelapa untuk kampas rem, Nilai kekerasan terbesar yaitu pada ukuran serbuk tempurung kelapa ukuran 300 µm sebesar 63.67 BHN, dan nilai kekerasan terkecil yaitu serbuk tempurung kelapa dengan ukuran 600 µm sebesar 41.67BHN. Dari pengamatan struktur mikro menunjukkan persebaran serbuk tempurung kelapa yang merata adalah komposit dengan serbuk tempurung kelapa dengan ukuran 300µm. (FX. Kristianta dkk, 2017)

Penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan menurunkan kuat tekannya, tetapi akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tariknya. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula. Karena ada sebagian massa/volume agregat kasar tereliminasi oleh serat tempurung kelapa, maka berat jenis betonnya menjadi berkurang. (Iwan Rustendi, 2004).

Memanfaatkan serabut kelapa sebagai pengganti kayu kapal. Komposit yang dihasilkan pada penelitian ini ialah pelat komposit berukuran 400 mm x 400 mm dengan ketebalan 8 mm, proses pembuatan komposit menggunakan metode VARI, tekanan vakum yang digunakan sebesar 10 cmHg. Nilai kekuatan tarik

tertinggi adalah komposit serat sabut kelapa dengan arah orientasi satu arah. Nilai kekuatan lentur tertinggi adalah komposit serat serabut kelapa dengan arah orientasi acak *Aguswandi dkk 2016*).

Pemanfaatan serbuk tempurung kelapa pada komposit Al₂O₃-EPOXY. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk tempurung kelapa pada komposit Al₂O₃-Epoxy dapat menurunkan nilai keausan sehingga dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti material gesek kampas rem yang ramah lingkungan (*Ahmad S.Z. dkk (2013)*).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Material Komposit

Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (*Sirait, 2010*).

komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu: material pembentuk, susunan struktural komponen dan interaksi antar komponen.

Secara umum material komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu matrik (bahan pengikat) dan filler (bahan pengisi).

Material komposit terdiri dari matrik dan filler (pengisi). Matrik diartikan sebagai material pengikat antara serat atau partikel namun tidak terjadi reaksi kimia dengan bahan pengisi. Secara umum matrik berfungsi sebagai pengikat bahan pengisi, sebagai penahan dan pelindung serat dari efek lingkungan dari kerusakan baik kerusakan secara mekanik maupun kerusakan akibat reaksi kimia, serta untuk mentransfer beban dari luar ke bahan pengisi.

Berdasarkan bahan penguat, material komposit dapat diklasifikasikan menjadi komposit serat, komposit lamina, komposit partikel dan komposit serpihan.

1. Komposit serat (fiber composite)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:

a. Komposit serat pendek (short fiber composite)

Berdasarkan arah orientasi material komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu serat acak (*inplane random*

orientasi) dan serat satu arah. Tipe serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.

b. Komposit serat panjang (long fiber composite)

Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya.

Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang. Hubungan antara penguat serat dan panjang serat ditunjukkan dalam persamaan berikut ini:

$$\delta c = V_f \left(1 - \frac{L_c}{L}\right) \delta f + V_R \cdot \delta R \quad (2.1)$$

$$\frac{L_c}{L} = \frac{\delta f}{2\tau\gamma}$$

dengan:

δc = kekuatan tarik material komposit (N)

δf = kekuatan tarik serat (N)

δR = kekuatan tarik resin (N)

V_f = kadar serat dalam volume (m³)

V_R = kadar resin dalam volume (m³)

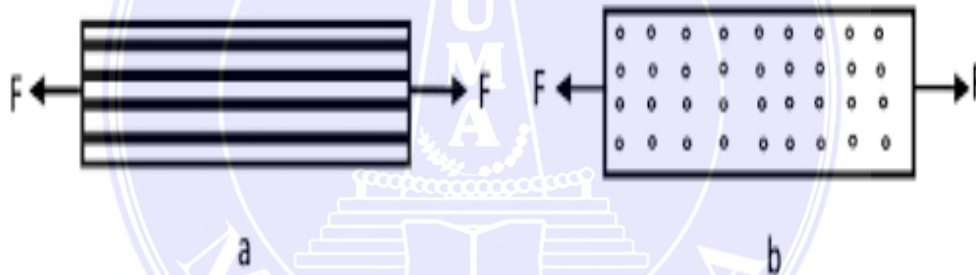
D_f = diameter serat (m)

L_c = Panjang kritis serat (m)

L = panjang serat (m)

$2\tau\gamma$ = kekuatan mulur geser pada antar muka serat dengan resin (Surdia, 1995)

Beberapa prinsip dasar tentang respon elastis terhadap tegangan dapat diperoleh dari model mekanik dimana serat kontinu memiliki satu-arah (*unidirectional*) dalam matrik isotropic tanpa void seperti terlihat pada Gambar 2.1a dan 2.1b di bawah ini



Gambar 2.1 (a) paralel dan (b) seri (Smallman, 2000)

Diasumsikan bahwa rasio Poisson material serat sama dengan rasio Poisson matrik. Menggunakan notasi c , t , m , l , dan t kita dapat menengarai nilai sifat untuk komposit (c), serat (f), matrik (m), arah longitudinal (l), dan arah transversal (t). V_f/V_m adalah rasio fraksi volume serat dan matrik, dimana $(1 - V_f) = V_m$. Beberapa sifat longitudinal tertentu dari komposit dapat dijabarkan dari model “parallel” pada Gambar 2.1a dan penerapan kaidah campuran. Untuk keadaan iso regangan (*isostrain*), tegangan dapat saling ditambahkan dan

persamaan untuk tegangan (kekuatan) dan modulus elastisitas adalah sebagai berikut:

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m V_m \quad (2.2)$$

dengan :

σ_c = Kekuatan tarik komposit (N)

σ_f = Kekuatan tarik serat (N)

σ_m = Kekuatan tarik matrik (N)

Modulus elastisitas komposit dapat dihitung berdasarkan ROM dengan :

$$E_c = V_f \cdot E_f + V_m \cdot E_m \quad (2.3)$$

dengan:

E_c = Modulus elastisitas komposit

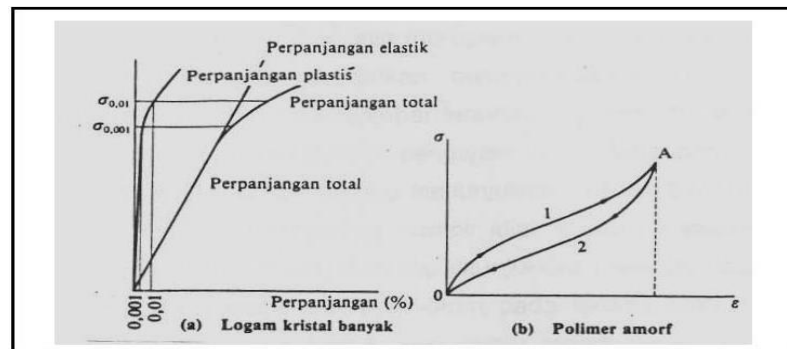
E_f = Modulus elastisitas serat

E_m = Modulus elastisitas matrik

Hubungan tegangan dan modulus elastisitas komposit dijabarkan dalam persamaan berikut:

$$(\sigma_f / \sigma_m) = (V_f / V_m) (E_f / E_m) \quad (2.4)$$

Apabila rasio modulus dan/atau fraksi volume serat meningkat, maka semakin banyak tegangan ditransfer ke serat. Apabila rasio modulus sama dengan satu maka komposit sedikitnya harus mengandung 50% $V_f V_m$ serat bilamana serat harus memikul beban yang sama dengan matrik.



Gambar 2.2 (a) Kurva tegangan-regangan untuk logam kristal banyak, (b) Polimer amorf (Smallman, 2000)

Garis kontruksi yang menggambarkan kedua efek ini berpotongan dititik minimum, V_{min} . (Gambar 2.2b) Jelas bahwa V_f harus lebih besar dari V_{crit} agar kekuatan-tarik matrik memanfaatkan kehadiran serat. Dengan demikian, limit atas untuk V_f adalah sekitar 70% sampai 80%. Pada nilai yang lebih tinggi, Serat hanya akan merusak sesamanya. Kaidah ini hanya akan berlaku apabila $V_f > V_{min}$.

$\sigma_m = \sigma_c$ dan $V_f = V_{crit}$ berlaku untuk volume kritis serat. Dari kaidah persamaan kita turunkan :

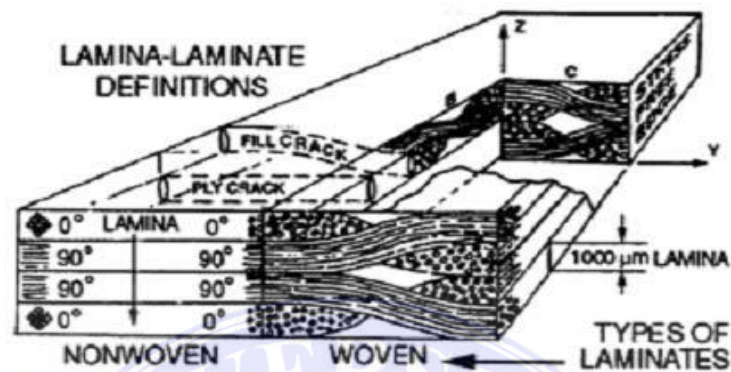
$$V_{crit} = (\sigma_m - \sigma_m') / (\sigma_f - \sigma_m') \quad (2.5)$$

Umumnya diinginkan V_{crit} yang rendah agar masalah dispersi dapat dikurangi dan untuk menghemat jumlah serat penguat. Serat yang sangat kuat akan memaksimalkan pembagi dan tentunya sangat membantu. Jadi suatu matrik dengan kecenderungan pengerasan regangan kuat memerlukan fraksi volume serat yang relative banyak (Smallman, 2000).

2. Komposit Laminat (*laminated composite*)

Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki

karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid. Mikrostruktur lamina dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3 Mikrostruktur lamina (courtesy, 1999 dalam (Widodo, 2008).

3. Komposit Partikel (*particulated composite*)

Komposit Partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain- lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren di antara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik.

4. Komposit serpihan (*flake composite*)

Komposit serpihan terdiri atas serpihan-serpihan yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan ke dalam matriks. Pengertian dari

serpihan adalah partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan datar sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpihan-serpihan saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan.

2.2.2 Polimer

Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana. Polimer mempunyai berat molekul di atas 10.000. Bahan dengan berat molekul yang besar ini, mempunyai struktur dan sifat yang rumit disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang lebih besar dibandingkan senyawa yang berat atomnya rendah.

Umumnya polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik-menarik yang disebut ikatan kovalen, dimana ikatan setiap atom dari pasangan menyumbangkan satu electron untuk membentuk sepasang electron (Surdia, 1995).

Sifat-sifat khas bahan polimer pada umumnya adalah sebagai berikut :

a. Mampu cetak adalah baik.

Pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstrusi dan seterusnya sehingga ongkos pembuatan relatif rendah dibandingkan dengan material logam dan keramik.

b. Produk ringan dan kuat.

Berat jenis polimer rendah dibandingkan dengan logam dan keramik, yaitu sekitar $1,0 - 1,7 \text{ gr/cm}^3$ yang memungkinkan membuat barang kuat dan ringan.

c. Sebagai isolator listrik yang baik.

Banyak diantara polimer bersifat isolasi listrik yang baik. Polimer mungkin juga dibuat konduktor dengan jalan mencampurnya dengan serbuk logam, butiran karbon dan sebagainya.

d. Tahan terhadap air dan zat kimia.

e. Produk-produk dengan sifat yang cukup berbeda dapat dibuat tergantung pada cara pembuatannya.

f. Umumnya bahan polimer lebih murah harganya.

g. Kurang tahan terhadap panas sehingga perlu cukup diperhatikan pada penggunaannya.

h. Kekerasan permukaan yang sangat kurang kekerasan bahan polimer masih jauh dibawah bahan logam dan keramik

i. Kurang tahan terhadap pelarut. Bahan polimer mudah larut dalam zat pelarut tertentu

j. Mudah termuati listrik secara elektrostatis. Kecuali beberapa bahan yang khusus dibuat agar menjadi hantaran listrik, kurang higroskopik dan dapat dimuati listrik.

k. Beberapa bahan tahan abrasi atau mempunyai koefisien gesek yang kecil (Surdia, 1995).

1. Polimer thermoplast

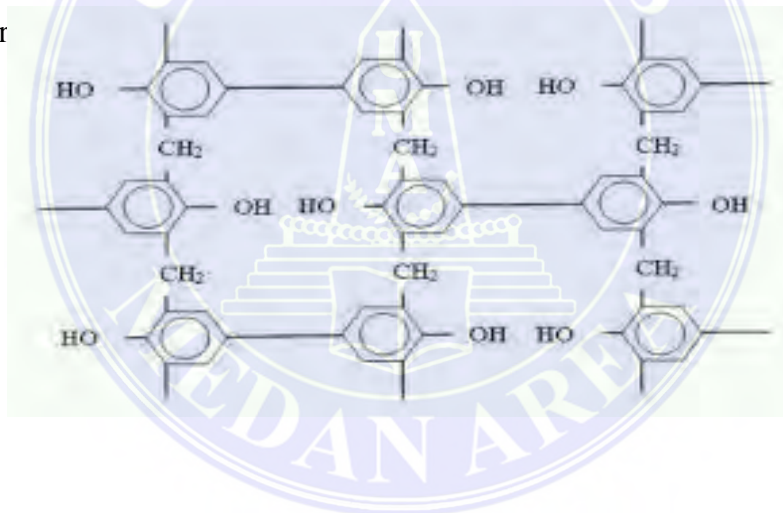
Polimer thermoplast adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan jika didinginkan akan kembali mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Tidak seperti polimer jenis termosetting, polimer jenis ini tidak memiliki ikatan silang antara rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang

Polimer thermoplast memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

- a. Berat molekul kecil
- b. Tidak tahan terhadap panas
- c. Jika dipanaskan akan melunak
- d. Jika didinginkan akan mengeras
- e. Mudah untuk diregangkan.
- f. Fleksibel.
- g. Titik leleh rendah
- h. Dapat dibentuk ulang (daur ulang)
- i. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.

2. Polimer thermoset

Polimer thermoset adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer thermoset memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer



Gambar 2.4 Struktur ikatan silang polimer thermoset

Sifat polimer thermoset sebagai berikut:

- a. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
- b. Jika dipanaskan akan mengeras
- c. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang)

- d. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun
- e. Jika dipanaskan akan meleleh
- f. Tahan terhadap asam basa
- g. Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul. (Haryono, 2010).

Sifat- Sifat Material Komposit Polimer yaitu :

Sifat mekanik suatu bahan polimer adalah khas dengan kelakuan viskoelastiknya yang dominan, sebagai contoh, pemelaran (*creep*) dan relaksasi mudah terjadi, dan pada pengujian tarik sifat-sifatnya sangat dipengaruhi oleh laju tarikan. Pengujian sampel bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat genteng polimer yang dibuat, baik sifat fisis, sifat mekanik maupun sifat termal. sampel yang diuji akan diketahui kelebihan dan kekurangannya, dan untuk mengetahui kadar kelayakan pemakaian serta kualitasnya. Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Sifat-sifat Fisis

a. Kerapatan

Kerapatan merupakan ukuran kepadatan dari suatu material. Ada dua macam densitas yaitu : Bulk Density dan true density. Bulk density adalah densitas dari suatu sampel yang berdasarkan volume bulk atau volume sampel yang termasuk dengan pori – pori atau rongga yang ada pada sampel tersebut. Pengukuran bulk density untuk bentuk yang tidak beraturan dapat ditentukan dengan Metode Archimedes yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (JIS A 5908-2003).

$$\rho = m.v \quad (2.11)$$

dengan:

ρ = densitas (gr/cm^3)

m= Massa sampel (gram)

v = volume (cm^3)

b. Daya serap air

Pori-pori yang terjadi pada sampel dapat menjadi reservoir air bebas didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat dan serat didalam air disebut daya serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat dan serat disebut kadar air. Pengujian daya serap air (*Water absorbtion*) pada masing – masing sampel dapat dilakukan dengan cara menimbang massa kering sampel dan massa basah. Massa kering adalah massa pada saat sampel dalam keadaan kering, dan massa basah diperoleh setelah sampel mengalami perendaman selama 24 jam pada suhu kamar. Untuk mendapatkan nilai penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya serap air} = Mb - Mk \times 100 \% \quad (2.12)$$

dengan:

M_b = Massa sampel dalam keadaan basah (gr)

M_k = Massa sampel dalam keadaan kering (gr)

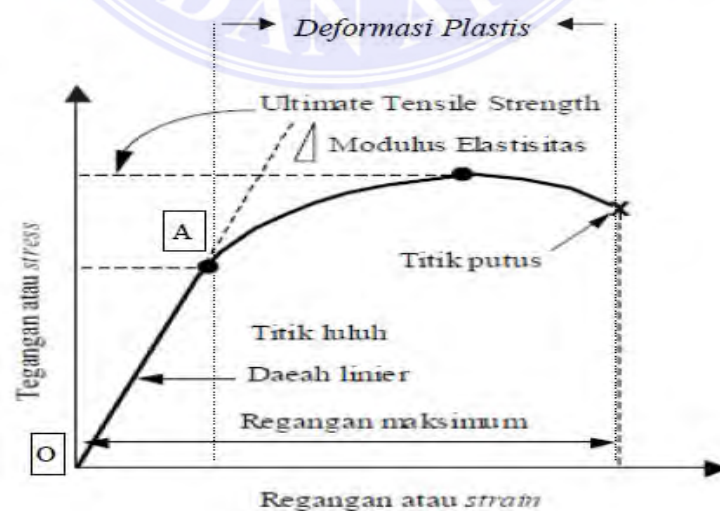
Prosedur pengujian daya serap air ini mengacu pada ASTM C-20-00-2005. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam.

2. Sifat-Sifat Mekanis

a. Kekuatan tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan-regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, lembaban, dan seterusnya. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam.

Kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban disebut "*Ultimate Tensile Strength*" disingkat dengan UTS. Untuk semua bahan, pada tahap sangat awal uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linearzone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke, yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan.



Gambar 2.5 Kurva Tegangan dan regangan (Nurmaulita, 2010)

Kurva pada Gambar 2.6 menunjukkan bahwa, bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan nol pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan tersebut.

b. Kekuatan lentur

Pengujian kekuatan lentur (UFS) dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan polimer terhadap pembebanan. Dalam metode ini metode yang digunakan adalah metode tiga titik lentur. Pengujian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui keelastisan suatu bahan.

c. Kekuatan Impak

Kekuatan impak adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan bahan polimer. Pengujian impak Charphy sering dipakai untuk melihat pengaruh takikan ada cara pengujian dengan tarikan pada batang uji. Umumnya kekuatan impak bahan polimer lebih kecil dibandingkan bahan logam.

3. Sifat Termal

Bahan polimer termasuk yang sangat mudah menyala seperti seluloid dan yang dapat habis terbakar sendiri secara spontan walau api dipadamkan setelah penyalaan, seperti pada polikarbonat. Sifat mampu nyala bahan polimer dapat ditentukan dengan beberapa cara, diantaranya:

- a. Dengan membakar bahan yang diletakkan mendatar
- b. Dengan indek oksigen
- c. Dengan kepekatan asap.

Teknik pembuatan material komposit pada umumnya tidak melibatkan penggunaan suhu dan tekanan yang tinggi. Hal ini disebabkan material ini mudah menjadi lembut atau melebur. Proses pencampuran penguat kedalam matriks dilakukan ketika matriks dalam keadaan cair. Penggabungan material matriks dan penguat dilakukan dengan proses pengadukan. Proses pengadukan ini dilakukan dengan selang waktu tertentu sebelum terjadi pengerasan material komposit. Ada beberapa metode pembuatan material komposit diantaranya adalah:

1. Metode penuangan secara langsung. Pada metode penuangan secara langsung dilakukan dengan cara melekatkan atau menyentuhkan material-material penyusun pada cetakan terbuka dan dengan perlahan-lahan diratakan dengan menggunakan roda perata atau dengan pemberian tekanan dari luar. metode ini cocok untuk jenis serat kontinyu.
2. Metode pemampatan atau tekanan. Pada metode pemampatan atau dengan menggunakan tekanan ini menggunakan prinsip ekstrusi dengan pemberian tekanan pada material bakunya yang dialirkan kedalam cetakan tertutup. Metode ini umumnya berupa injeksi, mampatan atau semprotan.

2.2.3 Polyester

Polyester adalah resin thermoset yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah, dengan penambahan katalis, polyester mengeras pada suhu kamar. Resin polyester banyak mengandung monomer stiren sehingga suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin thermoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjang adalah kira-kira $110 - 140^{\circ}\text{C}$. Ketahanan dingin resin ini

relatif baik. Pada umumnya polyester tahan terhadap asam kecuali asam pengoksida, tetapi lemah terhadap alkali. (Surdia, 1995).

1. Polyester Resin

Polyester resin adalah jenis polimer thermoset yang memiliki struktur rantai karbon yang panjang. Matriks jenis ini memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pembentukannya.

Struktur material yang dihasilkan berbentuk crosslink dengan keunggulan pada daya tahan yang lebih baik terhadap jenis pembebanan statik dan impak. Hal ini disebabkan molekul yang dimiliki material ini ialah dalam bentuk rantai molekul raksasa atom-atom karbon yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Dengan demikian struktur molekulnya menghasilkan efek peredaman yang cukup baik terhadap beban yang diberikandata mekanik material matriks diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Sifat mekanik	Satuan	Besaran
Berat Jenis (ρ)	Mg.m ⁻³	1,2 s/d 1,5
Modulus Young (E)	GPa.	2 s/d 4,5
Kekuatan Tarik (σ_T)	(MPa)	40 s/d 90

Tabel 2.1. Karakteristik mekanik polyester resin tak jenuh.

Umumnya bahan ini digunakan dalam proses pembentukan dengan cara penuangan antara lain perbaikan *body* kendaraan bermotor, pengisi kayu dan sebagai bahan perekat. Bahan ini memiliki sifat perekat dan tahan aus yang baik, dan dapat digunakan untuk memperbaiki dan mengikat secara bersama beberapa jenis bahan yang berbeda.

2. Epoxy

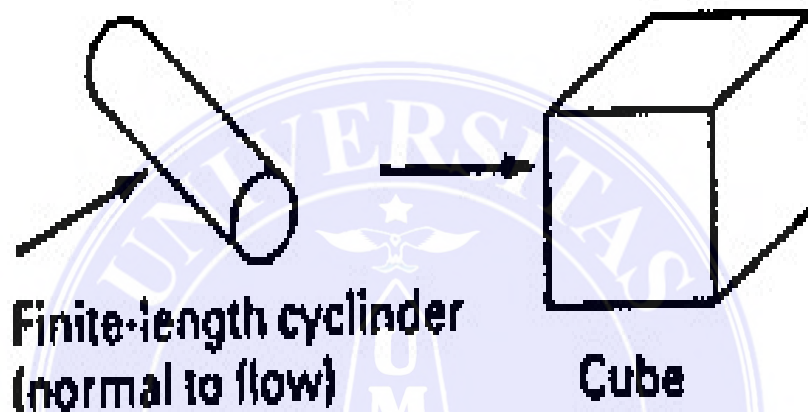
Epoxy adalah perekat ini merupakan produk sintetik termoset dari reaksi resin epoxy dengan zat pengeras. Dapat diperoleh dalam bentuk sistem satu atau dua komponen. Sistem satu komponen meliputi resin cair bebas, larutan, pasta resin cair, bubuk, pellet, dan pasta. Sistem dua komponen terdiri atas resin zat curing yang dicampur saat akan digunakan. Sistem juga mengandung pemlastik, pengecer reaktif, filler, pigmen dan zat resin lain. Pemakaian hardener reaktif atau katalis untuk mendukung curing menyebabkan keluarnya panas. Pada curing suhu kamar perlu hardener tercepat supaya tak memerlukan panas dari luar.

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah epoxy. Bahan epoxy adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Bahan epoxy memiliki sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan kuat sekali. Epoxy sangat baik digunakan sebagai bahan matrik pada pembuatan komposit (Gibson, 1994).

Secara umum epoxy memiliki karakteristik :

1. Mempunyai kemampuan mengikat paduan metalik yang baik. Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan *hydrogen*. Gugus hidroksil ini dimiliki oleh oksida metal, di mana pada kondisi normal menyebar pada permukaan metal. Keadaan ini menunjang terjadinya ikatan antara atom pada *epoxy* dengan atom yang berada pada permukaan material metal.
2. Ketangguhan
Kegunaan *epoxy* adalah sebagai bahan matrik, dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh.

Geometri benda dapat dibagi dalam tiga kelompok utama, yaitu dua dimensi, tiga dimensi, dan *axisymmetric*. Benda dua dimensi adalah benda yang memiliki bentuk sama pada seluruh bidang yang tegak lurus dengan sumbunya dimana sumbu benda memiliki panjang tak berhingga. Dengan kata lain bentuk benda sama pada seluruh bidang yang sejajar dengan kertas.



Gambar 2.6 Benda tiga dimensi

Benda tiga dimensi memiliki panjang yang terbatas. Benda ini bisa memiliki bentuk yang sama dalam bidang tegak lurus dengan sumbu panjangnya. Benda *axisymmetric* adalah benda putar dengan bagian melintangnya berbentuk lingkaran. Benda ini memiliki bentuk yang sama pada seluruh bidang meridional (x,r) .

Apabila sebuah batang atau plat dibebani sebuah gaya maka akan terjadi gaya reaksi yang sama dengan yang arah berlawanan. Gaya tersebut akan diterima sama rata oleh setiap molekul pada bidang penampang batang tersebut. Jadi tegangan adalah suatu ukuran intensitas pembebanan yang dinyatakan oleh gaya dan dibagi oleh luas di tempat gaya tersebut bekerja. Tegangan ada bermacam-macam sesuai dengan pembebanan yang diberikan. Komponen tegangan pada

sudut yang tegak lurus pada bidang ditempat bekerjanya gaya disebut tegangan langsung. Pada pembebanan tarik akan terjadi tegangan tarik maka pada beban tekan akan terjadi tegangan tekan. Biasanya dinyatakan dalam bentuk persentasi atau tidak dengan persentasi. Besarnya tegangan menunjukkan apakah bahan tersebut mampu menahan perubahan bentuk sebelum patah. Makin besar tegangan suatu bahan maka bahan itu mudah dibentuk. Maka, rumus tegangan seperti terlihat pada persamaan (2.33).

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2.33)$$

Σ = Tegangan (N/m²)
 F = Gaya (Newton)
 A₀ = luas penampang benda (m²)

Regangan adalah suatu bentuk tanpa dimensi untuk menyatakan perubahan bentuk. Biasanya dinyatakan dalam bentuk persentasi atau tidak dengan persentasi. Besarnya regangan menunjukkan apakah bahan tersebut mampu menahan perubahan bentuk sebelum patah. Makin besar regangan suatu bahan maka bahan itu mudah dibentuk, maka rumus regangan dapat dilihat pada persamaan (2.34).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

- E = Regangan
 ΔL = Perubahan panjang yang terjadi (mm)
 L_0 = Panjang mula-mula (mm)
 L_1 = Panjang Akhir (mm)

Densitas merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (m) dengan volume (v). Untuk pengukuran densitas digunakan metode Archimedes. Rumus untuk menghitung besarnya densitas adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}; \text{ atau } m = \rho V; \text{ atau } V = \frac{m}{\rho} \dots \dots \dots (2.35)$$

Keterangan:

- P = Massa jenis zat (kg/m^3 atau g/cm^3)
 M = Massa benda (kg atau g)
 V = Volume benda (m^3 atau cm^3)

Elastisitas adalah kemampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk awalnya ketika gaya luar yang diberikan pada benda tersebut dihilangkan. Modulus elastisitas (E) sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan regangan. Secara matematis ditulis :

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

Titik pl menunjukkan batas “proporsional” dimana dibawah titik itu tegangan sebanding dengan regangan. E adalah kemiringan kurva tegangan-regangan sampai batas proporsional dan disebut sebagai Modulus Elastisitas

material atau Modulus Young. E adalah merupakan ukuran kekakuan material pada batas elastisnya.

Titik e_l adalah batas elastis, atau titik dimana bila batas ini terlewati, material akan mengalami perubahan permanen atau deformasi plastis. Batas elastis ini juga merupakan tanda batas daerah perilaku elastis dengan daerah perilaku plastis.

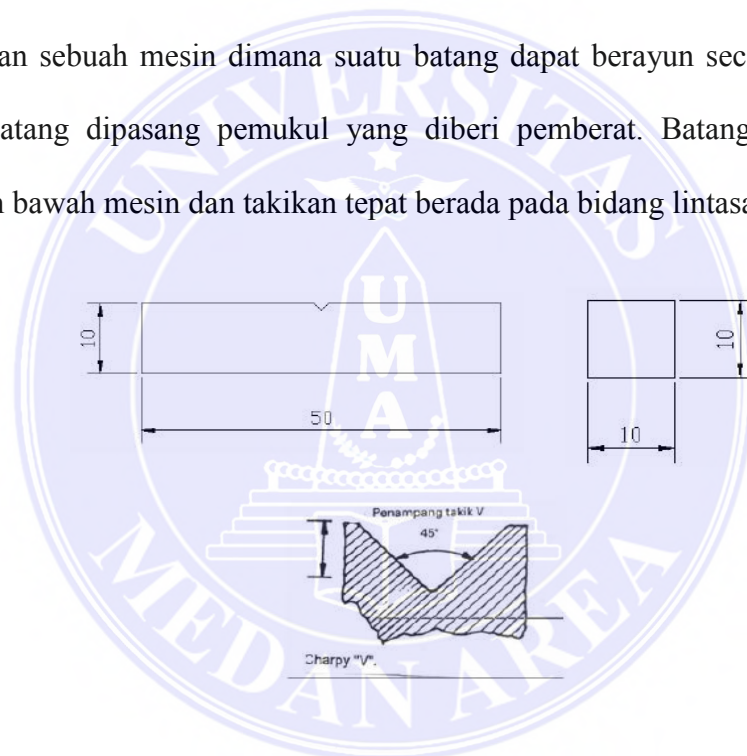
Pada titik y , material mulai mengalami luluh dan laju deformasinya meningkat. Titik ini disebut titik luluh (*yield point*) dan nilai tegangan pada titik ini didefinisikan sebagai kekuatan luluh material (S_y). Untuk material yang tidak mempunyai titik luluh yang jelas, kekuatan tariknya harus didefinisikan dengan menggunakan garis offset. Garis offset ini digambar paralel dengan kurva elastis dan di-offset sejauh 0,2% dari regangan total pada sumbu regangan.

Keuletan (*ductility*) adalah sifat material yang didefinisikan sebagai kecenderungan material untuk mengalami deformasi secara signifikan sebelum patah. Adapun ukuran keuletan suatu material diukur dengan menggunakan persen perpanjangan sebelum patah atau persen pengurangan luas sebelum patah. Material dengan perpanjangan lebih dari 5% pada saat patah dianggap sebagai material ulet.

Ketangguhan juga dapat diartikan jumlah energi yang diserap bahan sampai terjadi perpatahan (Djaprie.1992). Pengujian *impact* adalah pengujian yang berdasarkan pada prinsip hukum kekekalan energi, yang menyatakan bahwa jumlah energi mekanik selalu konstan. Maksud utama dari pengujian *impact* adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban kejut

dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian *impact* merupakan pengujian dengan menggunakan beban sentakan (tiba-tiba). Metode yang sering digunakan adalah metode *Charpy* dengan menggunakan alat uji *Impact Charpy*.

Pada metode *Charpy*, batang uji diletakkan mendatar dan ujungujungnya ditahan ke arah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul akan berayun memukul benda uji tepat di belakang takikan. Untuk pengujian ini digunakan sebuah mesin dimana suatu batang dapat berayun secara bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi pemberat. Batang uji diletakkan dibagian bawah mesin dan takikan tepat berada pada bidang lintasan bandul.



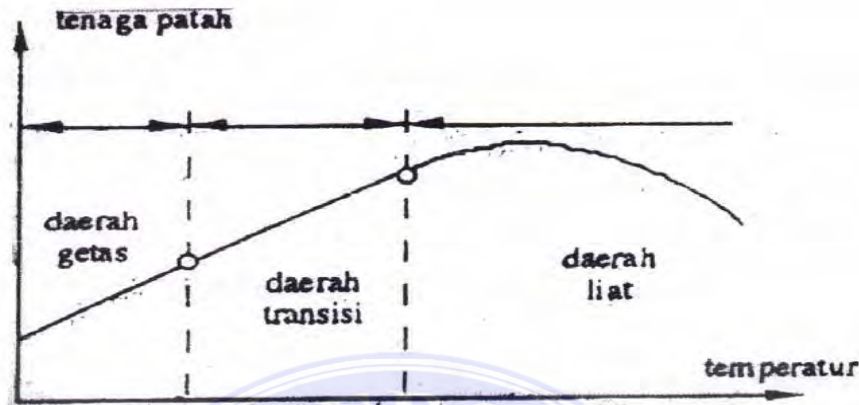
Gambar 2.7 Spesimen pengujian impact Charpy (ASTM E23-56)

Pada pengujian ini bandul pemukul dinaikkan sampai pada ketinggian H . pada posisi ini pemukul memiliki energi potensial sebesar WH (W adalah berat pemukul). Dari posisi ini pemukul dilepaskan dan berayun bebas memukul, batang uji hingga patah dan pemukul masih terus berayun sampai ketinggian H_1 . Selisih antara energi awal (WH) dengan energi akhir (WH_1) adalah energi yang digunakan untuk mematahkan batang uji.

Ketahanan batang uji terhadap pukulan (*impact strength*) dinyatakan dengan banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji (satuan Kgm/ft lb atau Joule). *Impact strength* merupakan ketangguhan, yaitu ketangguhan benda uji terhadap beban kejut pada batang uji yang bertakik (*notch toughness*). Logam yang getas akan memperlihatkan *impact strength* yang rendah. Bahan yang ulet menunjukkan nilai *impact* yang besar. Suatu bahan yang diperkirakan ulet ternyata dapat mengalami patah getas. Patah getas ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal antara lain adanya takikan (*notch*), kecepatan pembebanan yang tinggi yang menyebabkan laju peregangan yang tinggi pula dan temperatur yang sangat rendah. Patah ulet selain ditandai oleh nilai *impact* yang tinggi tetapi juga ditandai oleh permukaan patah yang berserabut yaitu karena adanya deformasi plastis pada daerah patah. Permukaan patah getas ditandai dengan permukaan patah yang tampak mengkilat karena patahannya kristalin. Dengan demikian sebuah bahan yang akan beroperasi pada temperatur sangat rendah, misalnya pada suatu instalasi *cryogenic* perlu diuji *impact*. Khususnya untuk mengetahui temperatur transisi antara ulet dan getas, sifat peretakan pada baja dapat terjadi dalam tiga bentuk (Sukadi, 2004:20) yaitu :

1. Keretakan getas atau keretakan bersuara, adalah rata dan mempunyai permukaan yang mengkilap. Kalau potongan-potongannya kita sambungkan lagi ternyata keretakan atau patahan itu tidak dibarengi dengan deformasinya bahan. Tipe ini mempunyai pukulan takik yang rendah .
2. Patahan liat atau patahan perubahan bentuk, patahan ini mempunyai permukaan yang tidak rata dan nampak seperti beludru, buram dan berserat. tipe ini mempunyai nilai pukulan yang tinggi.

3. Patahan campuran, ialah patahan yang sebagian getas dan sebagian liat. Patahan ini terjadi paling banyak.



Gambar 2.8 Daerah ulet, getas, dan transisi

Tenaga untuk mematahkan benda uji atau besarnya tenaga yang diserap oleh benda uji sebelum terjadi patah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dengan :

E = Besarnya energi yang diserap (Joule)

G = Berat palu godam (N)

R = Jarak titik putar ketitik berat palu godam (m)

α = Sudut jatuh ($^{\circ}$)

β = Sudut ayun ($^{\circ}$)

Keliatan bahan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$HKB = \frac{A}{E}$$

Dengan : $HKB = \text{Keliatan bahan (joule / mm}^2\text{)}$

$E = \text{Tenaga untuk mematahkan benda uji (Joule)}$

$A = \text{Luas penampang patahan benda uji (mm}^2\text{)}$

Keuletan (ductility) adalah sifat material yang didefinisikan sebagai kecenderungan material untuk mengalami deformasi secara signifikan sebelum patah. Adapun ukuran keuletan suatu material diukur dengan menggunakan persen perpanjangan sebelum patah atau persen pengurangan luas sebelum patah. Material dengan perpanjangan lebih dari 5% pada saat patah dianggap sebagai material ulet.

3. Arang Tempurung(Batok) Kelapa

Batok atau tempurung kelapa kerap kali dibuang begitu saja di pasar-pasar tradisional. Padahal, batok kelapa bisa sebagai bahan baku mentah untuk diolah menjadi arang. Produk arang batok kelapa sebagai bahan baku setengah jadi itu pun dapat diolah lagi menjadi produk arang yang inovatif. Produk batu arang tempurung kelapa (*coconut shell briquette charcoal*) dapat diproduksi sesuai kebutuhan pasar dan menjadi produk ekspor unggulan. Pengolahan tempurung kelapa menjadi arang dilakukan dengan cara pembakaran. Setumpuk tempurung kelapa dimasukkan ke dalam drum. Kemudian, tempurung kelapa dibakar. Setelah itu, tempurung kelapa yang belum dibakar dimasukkan lagi setahap demi setahap ke dalam drum. Hal itu terus-menerus dilakukan sampai drum penuh dengan tempurung kelapa. Setelah penuh, drum ditutup dan seluruh batok kelapa di dalam drum mengalami proses pembakaran. Lambat laun, tempurung kelapa akan menjadi arang. Setelah dipisahkan dengan sampah- sampah hasil pembakaran itu,

arang tempurung kelapa akan menjadi bahan baku produk arang inovatif yang akan diekspor ke pasar dunia.

Pembakaran tempurung kelapa itu dilakukan pekerja di PT General Carbon Industry (PT GCI) di Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Sayangnya, jumlah tempurung kelapa—sebagai bahan baku dasar—untuk dibakar menjadi arang itu masih sangat terbatas. Akibatnya, PT GCI harus mendapat pasokan arang tempurung kelapa sebagai bahan baku dari pemasok yang berasal dari berbagai daerah, seperti Provinsi Riau dan Kepulauan Riau. PT GCI membutuhkan 300-400 ton arang tempurung per bulan sebagai bahan baku untuk produksi arang tempurung yang inovatif. ” Empat kilogram tempurung atau batok kelapa hanya dapat menghasilkan 1 kilogram arang tempurung,” kata General Manajer PT GCI Tonny. Jika kebutuhan bahan baku arang tempurung 300-400 ton per bulan, berarti dibutuhkan 1.200 ton batok kelapa per bulan.

Dari arang tempurung, PT GCI mengolah atau memprosesnya lebih lanjut menjadi produk arang yang berorientasi ekspor. Arang tempurung dibentuk dan dicetak dengan mesin pencetak sesuai kebutuhan pasar. Setelah dicetak, produk arang itu pun masih harus dipanaskan dalam mesin pemanas. Volume produksi arang tempurung PT GCI saat ini mencapai 300 ton per bulan. Untuk produk tertentu, produk arang itu juga diberi bahan kimia. Fungsi bahan kimia itu hanya untuk dapat menyalakan api pada arang tersebut tanpa harus menggunakan bahan bakar, seperti minyak tanah. Untuk mengontrol kualitas arang tempurung, PT GCI juga memiliki beberapa alat kontrol. Sebelum produk dikirim, arang tempurung yang diproduksi juga diuji coba untuk melihat kualitas, seperti lama pembakaran pada arang. Saat ini, arang tempurung kelapa yang diproduksi PT

GCI sudah menembus pasar dunia. Di Eropa, arang tempurung PT GCI menembus Perancis, Belgia, Belanda, Inggris, Austria, Italia, Jerman, Swedia, dan Denmark.

Potensi pasar ekspor produk arang tempurung masih besar. Di Eropa, arang tempurung dibutuhkan untuk memanggang daging (*barbecue*). Batok kelapa dapat dimanfaatkan untuk pembuatan arang. Arang dari batok kelapa pun dapat menjadi bahan baku bagi industri menengah untuk diolah lebih lanjut menjadi produk arang berorientasi ekspor.



Gambar 2.9 Tempurung dan Arang yang Berasal Dari Tempurung Kelapa

a. Bahan Pembuatan Benda Uji

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin poliester tak jenuh, metil etil keton peroksida (MEKP) dan serat serabut kelapa.



Gambar 2.10 Bahan Resin polimer dan katalis mexpo

Bahan yang dipersiapkan dari limbah serat kelapa yang dijemur sampai kering, kemudian setelah kering dicincang sampai ukuran 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Serabut kelapa yang digunakan berasal dari masyarakat Kotamadya Binjai yang tidak dimanfaatkan lagi. Sebelum digunakan sebagai pengisi, terlebih dahulu dilakukan pengeringan serat pada ruangan terbuka (sinar matahari) sampai kadar air konstan, yang bertujuan untuk menghilangkan kelembaban dari serat kelapa tersebut. Setelah itu dihaluskan pada ballmill dengan ukuran partikel 50mesh dan 100mesh, dan dibentuk papan partikel dengan perbandingan serat kelapa terhadap poliester adalah 1:1 dan 1:2.

b. Proses Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan bahan komposit limbah serat kelapa menjadi bahan papan meubel.

1. Menyediakan limbah sabut kelapa untuk dikeringkan
2. Limbah sabut kelapa dicincang dan sebagian dihaluskan mesh 32 serta dibuat serat dengan panjang 6 cm.



Gambar 2.11 Bahan serat dan filler limbah sabut kelapa

3. Campur 200 ml resin dan katalis secukupnya

4. Lalu campur resin dan katalis dengan bahan limbah serat kelapa 5 g dan 10 dan bahan filler dari sabut kelapa 40 untuk sampel uji tarik.



Gambar 2.12 Pengadukan resin dan katalis

5. Aduk secara merata resin dan katalis dengan bahan limbah serat kelapa kemudian cetak dengan menggunakan cetakan lalu biarkan mengeras.



Gambar 2.13 Cetakan sampel

6. Kemudian dikunci dengan kunci torsi sebesar 4 Nm.



Gambar 2.14 Penekanan dengan kunci torsi

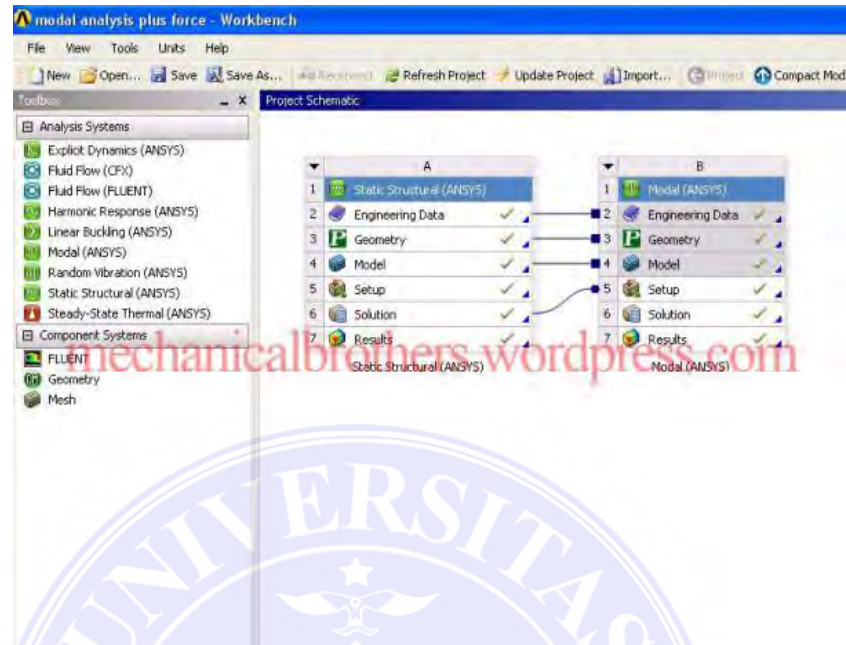
2.2.4 Ansys

ANSYS Workbench adalah salah satu perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (*engineering*). ANSYS Workbench menyediakan fasilitas untuk berinteraksi antar *solvers* famili ANSYS. ANSYS Workbench juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak CAD sehingga memudahkan pengguna dalam membangun model geometri dengan berbagai perangkat lunak CAD. Sependek pengetahuan saya, beberapa perangkat lunak tersebut adalah Catia dan Solidwork. Ansys dapat berjalan di platform Windows dan Linux.

ANSYS Workbench berisi beberapa fasilitas, diantaranya:

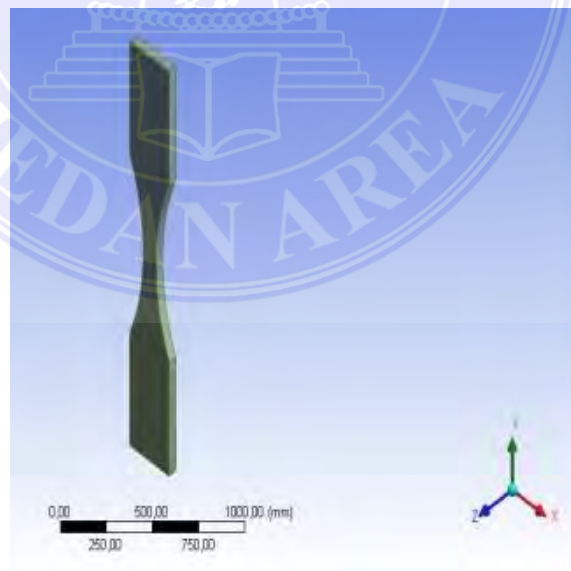
1. Mechanical, untuk analisa struktur (statik) dan thermal (perpindahan panas)
2. Fluid Flow, yang terdiri dari ANSYS CFX dan Fluent, untuk analisa CFD (*computational fluid dynamics*).
3. Engineering Data, sebagai database material lengkap dengan propertiesnya.
4. Design Modeler, digunakan untuk membangun geometri model yang akan dianalisa. Juga dapat digunakan untuk memodifikasi hasil gambar dari perangkat lunak CAD.
5. Meshing Application, fasilitas untuk “meshing” baik pada CFD maupun Explicit Dynamics.

6. BladeGen, untuk membangun geometri *blade*, seperti fan, blower.



Gambar 2.15 Software ansys

7. Generate gambar



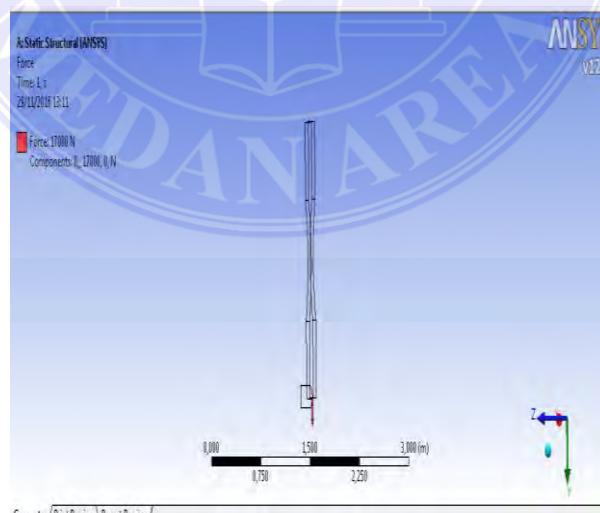
Gambar 2.16 Hasil Generate Gambar

8. Membuat geometri dan *mesh* pad model.



Gambar 2.17 Hasil Proses Meshing ukuran 1

9. Mengimpor *mesh* model (grid).
10. Melakukan penguncian pada sampel
11. Proses pembebanan(penarikan)



Gambar 2.18 Pemberian Beban Tarikan Pada Bagian Bawah

12. Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisa.
13. Menentukan kondisi batas.

14. Mengatur parameter kontrol solusi.
15. Melakukan perhitungan/iterasi.
16. Menyimpan hasil iterasi.
17. Jika diperlukan, memperhalus grid kemudian melakukan iterasi ulang.

Model kemudian dimesh pada mesh builder. *Meshing* disini menggunakan dua metode. Pertama, mesh otomatis dengan bentuk tri element dengan elemen paling kecil 1 mm dan rasio pertumbuhan. Kedua, *meshing* menggunakan fitur inflation untuk membentuk lapisan batas pada permukaan bodi dan didapatkan bentuk mesh yang terbaik dan memudahkan perhitungan (iterasi).

Kondisi batas yang digunakan pada daerah perhitungan dibagi atas atas, bawah, samping, simetri, depan dan belakang. Pada batas depan dimasukkan kecepatan seragam dengan besar yang divariasikan untuk setiap simulasi yaitu 10;12,5; 15; 17,5; dan 20 m/s. Pada bagian atas, belakang dan samping merupakan kondisi batas tekanan keluar dengan tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer. Fluida yang digunakan pada tugas ini adalah udara dengan sifat fisik sebagai berikut: density 1,225 kg/m³, viskositas. Udara yang mengalir pada mobil adalah diasumsikan sebagai gas ideal dan *incompressible*. Asumsi-asumsi lain yang digunakan adalah aliran turbulenta, steady, tiga dimensi. Sedangkan efek difusivitas, temperature dan gravitasi diabaikan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini yang digunakan adalah metode history, yaitu metode yang digunakan untuk menganalisa material komposit berbahan tempurung kelapa dari hasil data penelitian terdahulu dan membandingkannya dengan pengujian disimulasikan menggunakan metode elemen hingga

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu

Waktu penelitian ini direncanakan selama 2 bulan yang dimulai dari bulan Februari sampai dengan April 2018.

Tabel 3.1 Jadwal penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Minggu)							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Pengumpulan Literatur, Bahan Dan Alat	■							
2	Pembuatan Proposal Dan Revisi			■					
3	Persiapan Bahan Dan Alat				■				
4	Pembuatan Bahan Uji					■			
5	Pengujian Alat Dan Pengukuran						■		
6	Pengolahan Dan Analisis Data							■	

- 7 Seminar Hasil Laporan
- 8 Perbaikan Dan Pengesahan

3.2.2 Tempat Penelitian

Tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah di Laboratorium *Material*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun peralatan yang di pergunakan selama penelitian ini adalah laptop yang digunakan untuk pengerjaan simulasi, pembentukan gambar bahan, menyimpan dan mengolah data

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah material komposit tempurung kelapa seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.1 Sampel Uji material komposit tempurung kelapa

Tabel 3.2 Hasil Pengujian serbuk arang dengan Fraksi berat 40 g

NAMA FILE : C:\UTMTest\A1 UMA.PRN

NO. dan JENIS UJI : 1, Tensile

TANGGAL dan WAKTU : 02-06-2017 11:23:26

MATERIAL : Komposit Batok Tempurung Kelapa

PANJANG [mm] : 200

LEBAR [mm] : 20

TEBAL [mm] : 5

HASIL PERHITUNGAN DATA SEBELUM DI UPDATE

NO.	DATA PENGUJIAN		HASIL PERHITUNGAN	
	FORCE[kGf]	STROKE[mm]	STRESS[kGf/mm ²]	STRAIN[m/m]
1	164.73	0.000	1.6	0.0000
2	160.15	0.000	1.6	0.0000
3	155.57	0.000	1.6	0.0000
4	169.30	0.000	1.7	0.0000
5	169.30	0.000	1.7	0.0000
6	164.73	0.005	1.6	0.0000
7	173.88	0.060	1.7	0.0003
8	183.03	0.125	1.8	0.0006
9	173.88	0.190	1.7	0.0010
10	178.45	0.260	1.8	0.0013
11	192.18	0.325	1.9	0.0016
12	187.60	0.395	1.9	0.0020
13	183.03	0.465	1.8	0.0023
14	183.03	0.615	1.8	0.0031
15	169.30	0.685	1.7	0.0034
16	146.42	0.760	1.5	0.0038
17	151.00	0.835	1.5	0.0042
18	146.42	0.905	1.5	0.0045
19	128.12	0.975	1.3	0.0049

20	123.54	1.045	1.2	0.0052
21	128.12	1.115	1.3	0.0056
22	118.97	1.190	1.2	0.0060
23	109.82	1.260	1.1	0.0063
24	118.97	1.330	1.2	0.0067
25	109.82	1.405	1.1	0.0070
26	100.67	1.480	1.0	0.0074
27	109.82	1.555	1.1	0.0078
28	109.82	1.625	1.1	0.0081
29	96.09	1.700	1.0	0.0085
30	105.24	1.775	1.1	0.0089
31	105.24	1.845	1.1	0.0092
32	96.09	1.915	1.0	0.0096
33	100.67	1.985	1.0	0.0099
34	109.82	2.060	1.1	0.0103
35	96.09	2.130	1.0	0.0107
36	96.09	2.205	1.0	0.0110
37	105.24	2.280	1.1	0.0114
38	100.67	2.350	1.0	0.0118
39	91.51	2.425	0.9	0.0121

MAXIMUM FORCE : 192.18 [kGf]

MAXIMUM STRESS : 1.92 [kGf/mm²]

Ka. Laboratorium

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Bahan Serbuk Tempurung Dengan Fraksi Berat 50g.

NAMA FILE : C:\UTMTest\B1 UMA.PRN

NO. dan JENIS UJI : 1, Tensile

TANGGAL dan WAKTU : 8-11-5567 0:33:25

MATERIAL : Komposit Batok Tempurung Kelapa

PANJANG [mm] : 200

LEBAR [mm] : 10

TEBAL [mm] : 5

HASIL PERHITUNGAN DATA SEBELUM DI UPDATE

DATA PENGUJIAN			HASIL PERHITUNGAN	
NO.	FORCE[kGf]	STROKE[mm]	STRESS[kGf/mm ²]	STRAIN[m/m]
1	155.57	0.000	3.1	0.0000
2	164.73	0.000	3.3	0.0000
3	160.15	0.000	3.2	0.0000
4	160.15	0.000	3.2	0.0000
5	155.57	0.010	3.1	0.0001
6	146.42	0.080	2.9	0.0004
7	132.70	0.155	2.7	0.0008
8	128.12	0.235	2.6	0.0012
9	123.54	0.310	2.5	0.0016
10	109.82	0.385	2.2	0.0019
11	109.82	0.460	2.2	0.0023
12	109.82	0.540	2.2	0.0027
13	100.67	0.620	2.0	0.0031
14	100.67	0.700	2.0	0.0035
15	105.24	0.785	2.1	0.0039
16	96.09	0.870	1.9	0.0044
17	91.51	0.955	1.8	0.0048
18	100.67	1.040	2.0	0.0052
19	96.09	1.125	1.9	0.0056
20	91.51	1.215	1.8	0.0061
21	91.51	1.305	1.8	0.0065
22	86.94	1.385	1.7	0.0069
23	82.36	1.475	1.6	0.0074
24	91.51	1.560	1.8	0.0078
25	82.36	1.650	1.6	0.0083
26	77.79	1.730	1.6	0.0087

MAXIMUM FORCE : 164.73 [kGf]
 MAXIMUM STRESS : 3.29 [kGf/mm]

Tabel 3.4 Hasil pengujian serbuk arang dengan Fraksi berat 60g

NAMA FILE : C:\UTMTest\C1 UMA.PRN

NO. dan JENIS UJI : 1, Tensile

TANGGAL dan WAKTU : 8-11-5567 0:46:44

MATERIAL : blank

PANJANG [mm] : 200

LEBAR [mm] : 10

TEBAL [mm] : 5

HASIL PERHITUNGAN DATA SEBELUM DI UPDATE

NO.	DATA PENGUJIAN		HASIL PERHITUNGAN	
	FORCE[kGf]	STROKE[mm]	STRESS[kGf/mm ²]	STRAIN[m/m]
1	155.57	0.055	3.1	0.0003
2	155.57	0.155	3.1	0.0008
3	160.15	0.250	3.2	0.0013
4	164.73	0.345	3.3	0.0017
5	164.73	0.445	3.3	0.0022
6	164.73	0.540	3.3	0.0027
7	169.30	0.640	3.4	0.0032
8	173.88	0.735	3.5	0.0037
9	169.30	0.830	3.4	0.0042
10	173.88	0.925	3.5	0.0046
11	178.45	1.025	3.6	0.0051
12	183.03	1.120	3.7	0.0056
13	183.03	1.220	3.7	0.0061
14	187.60	1.315	3.8	0.0066
15	187.60	1.405	3.8	0.0070

16	187.60	1.495	3.8	0.0075
17	196.76	1.590	3.9	0.0080
18	196.76	1.685	3.9	0.0084
19	192.18	1.780	3.8	0.0089
20	201.33	1.875	4.0	0.0094
21	205.91	1.975	4.1	0.0099
22	201.33	2.070	4.0	0.0104
23	205.91	2.165	4.1	0.0108
24	205.91	2.260	4.1	0.0113
25	201.33	2.350	4.0	0.0118
26	205.91	2.435	4.1	0.0122
27	205.91	2.530	4.1	0.0127
28	210.48	2.620	4.2	0.0131
29	201.33	2.715	4.0	0.0136
30	210.48	2.805	4.2	0.0140
31	210.48	2.900	4.2	0.0145
32	201.33	2.995	4.0	0.0150
33	205.91	3.085	4.1	0.0154
34	210.48	3.175	4.2	0.0159
35	205.91	3.265	4.1	0.0163
36	210.48	3.355	4.2	0.0168
37	215.06	3.435	4.3	0.0172
38	210.48	3.525	4.2	0.0176
39	215.06	3.620	4.3	0.0181
40	219.63	3.715	4.4	0.0186
41	224.21	3.800	4.5	0.0190
42	215.06	3.895	4.3	0.0195
43	215.06	4.045	4.3	0.0202
44	215.06	4.115	4.3	0.0206
45	196.76	4.205	3.9	0.0210
46	187.60	4.295	3.8	0.0215
47	187.60	4.380	3.8	0.0219

48	178.45	4.475	3.6	0.0224
49	173.88	4.570	3.5	0.0229
50	173.88	4.660	3.5	0.0233
51	173.88	4.750	3.5	0.0238
52	164.73	4.850	3.3	0.0243
53	164.73	4.945	3.3	0.0247
54	164.73	5.035	3.3	0.0252
55	160.15	5.125	3.2	0.0256
56	155.57	5.220	3.1	0.0261
57	160.15	5.315	3.2	0.0266
58	160.15	5.410	3.2	0.0271
59	160.15	5.505	3.2	0.0275
60	155.57	5.605	3.1	0.0280
61	164.73	5.700	3.3	0.0285
62	155.57	5.805	3.1	0.0290
63	155.57	5.905	3.1	0.0295
64	160.15	6.005	3.2	0.0300
65	155.57	6.100	3.1	0.0305
66	151.00	6.205	3.0	0.0310
67	155.57	6.305	3.1	0.0315
68	155.57	6.400	3.1	0.0320
69	151.00	6.495	3.0	0.0325
70	155.57	6.590	3.1	0.0330
71	155.57	6.690	3.1	0.0335
72	151.00	6.785	3.0	0.0339

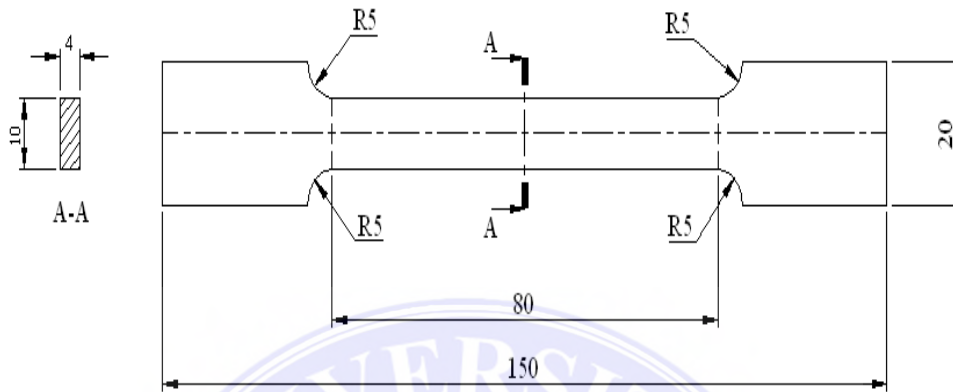
 MAXIMUM FORCE : 224.21 [kGf]

MAXIMUM STRESS : 4.48 [kGf/mm²]

Ka. Laboratorium

Kemudian langkah yang harus dilakukan dan dipahami adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Model Bahan



Gambar 3.2. Ukuran spesimen uji tarik standar ASTM D638

2. Pembacaan Gambar

Sebelum melakukan penelitian ini dengan membuat gambar sampel uji dengan menggunakan teknik gambar autocad agar pekerjaan pembuatan tidak terjadi kesalahan. Gambar teknik diperlukan sebagai acuan dalam pengerjaan di lapangan untuk menghindari kesalahan.

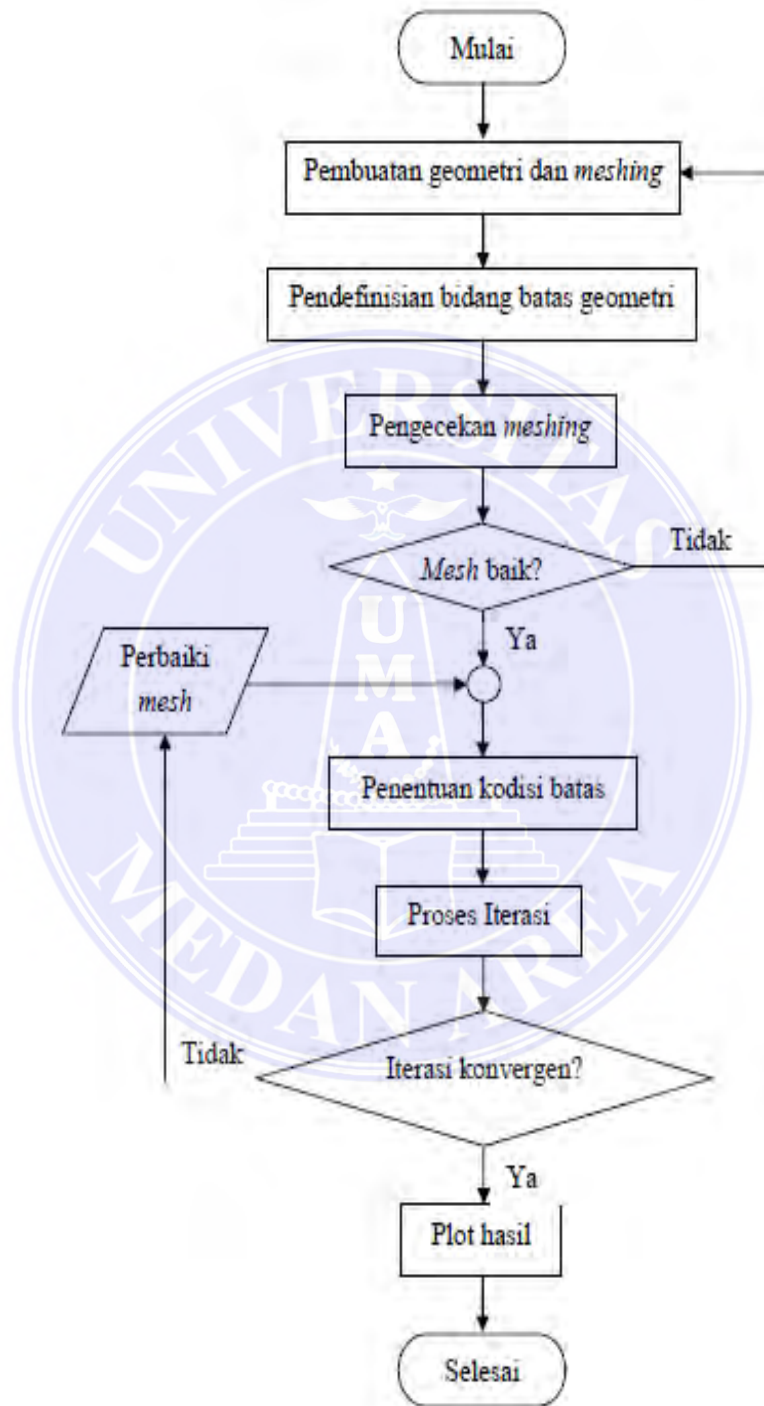
3. Computational Domain

Simulasi yang dilakukan dalam tugas akhir ini menggunakan metode elemen hingga.

4. Pengambilan Data

Setelah dilakukan pengujian maka data akan diambil dan disusun pada sebuah tabel yang akan dirangkai pada sebuah grafik. Data yang diambil yaitu dari pengujian bahan uji tarik, kekerasan dan regangan.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan Pengujian Eksperimen

4.1.1 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan Pengujian Eksperimen Dengan Fraksi 40g.

Tabel 4.1. Tabel Hasil Pengujian Experimen Fraksi 40g

L	□ ₁	□ ₂
200	10	5
0.2	Area	
	50	
Max Force	2.425 KgF	
Max Stress	0.48 Mpa	

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (N/M}^2\text{)}$$

$$\sigma = \frac{2,425}{10 \times 5}$$

$$= 0,0485 \text{ MPa}$$

Regangan yang terjadi :

$$\mathcal{E} = (L - L_0) / L_0$$

$$= (132,7 - 20) / 20$$

$$= 5,635$$

Selanjutnya data dihitung modulus Young diperoleh :

$$E \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{0,0485}{5,635}$$

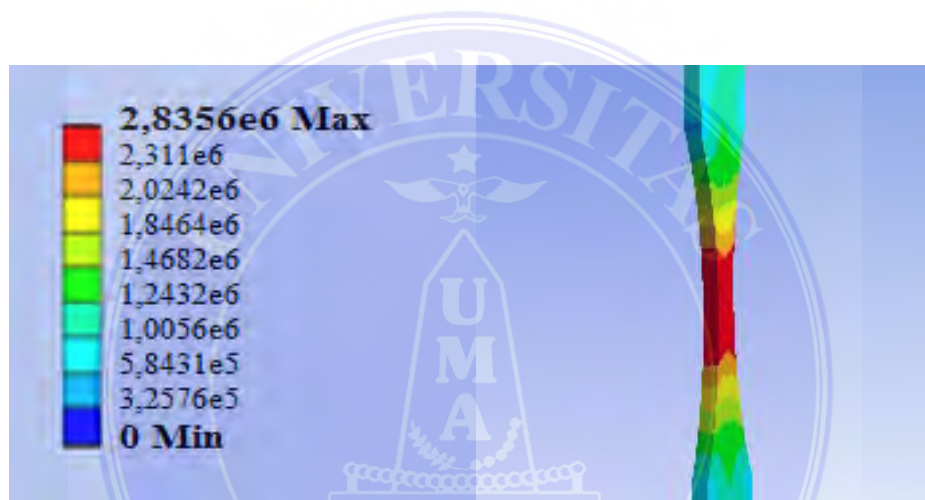
$$= 0,0086 \text{ MPa.}$$

Pengujian Dengan Simulasi Ansys

Hasil yang diperoleh dari analisis kekuatan mekanis material komposit menggunakan tempurung kelapa fraksi 40g menggunakan software Ansys sebagai berikut

:

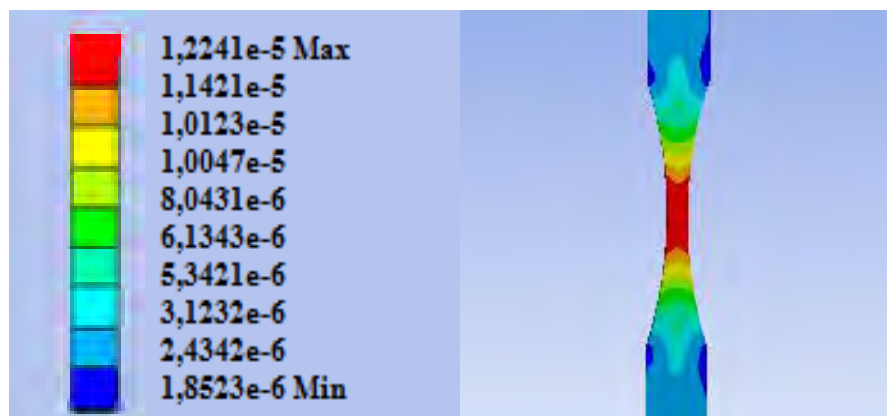
1. Equivalent Stress



Gambar 4.1 Hasil pengujian Stress Fraksi 40g

Setelah dilakukan pengujian nilai Maximum Equivalent Stress yang dihasilkan adalah 28,356 sedangkan hasil minimum adalah 0.

2. Equivalent Elastic Strain



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Equivalent Elastic Strain Fraksi 40g

Maximum Elastis Strain yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada bahan pengujian maximal 0,12241MPa dan minimal 0,018523 MPa.

4.1.2 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan Pengujian Eksperimen Dengan Fraksi 50g

Tabel 4.2. Tabel Hasil Pengujian Experimen Fraksi 50g

L	\square_1	\square_2
200	10	5
0.2	Area	
	50	
Max Force	1.385 KgF	
Max Stress	0.27 Mpa	

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (N/M}^2\text{)}$$

$$\sigma = \frac{1,385}{10 \times 5} \text{ MPa}$$

$$= 0,277 \text{ (MPa)}$$

Regangan yang terjadi :

$$\epsilon = (L - L_0) / L_0$$

$$= (86,94 - 20) / 20$$

$$= 3,347$$

Selanjutnya data dihitung modulus Young diperoleh :

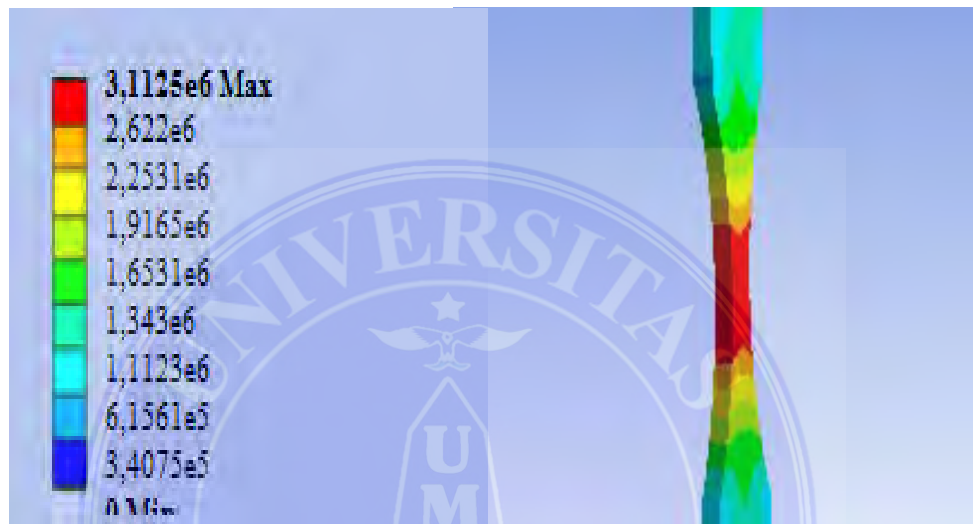
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{0,277}{3,347}$$

$$= 0,0827 \text{ MPa}$$

Pengujian Dengan Simulasi Ansys

Hasil yang diperoleh dari analisis kekuatan mekanis material komposit menggunakan tempurung kelapa fraksi 50g menggunakan software Ansys sebagai berikut :

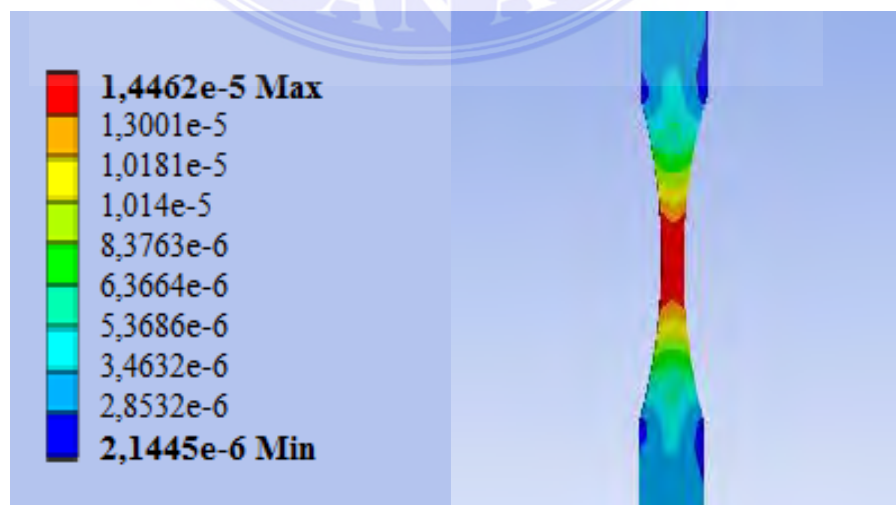
1. Equivalent Stress



Gambar 4.3 Hasil pengujian Stress Fraksi 50g

Setelah dilakukan pengujian nilai Maximum Equivalent Stress yang dihasilkan adalah 31,125 sedangkan hasil minimum adalah 0.

2. Equivalent Elastic Strain



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Equivalent Elastic Strain Fraksi 50g

Maximum Elastis Strain yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada bahan pengujian maksimal 0,14462 MPa dan minimal 0,021445 MPa.

4.1.3 Hasil Perbandingan Antara Pengujian Simulasi Dan Pengujian

Eksperimen Dengan Fraksi 60g

Tabel 4.3. Tabel Hasil Pengujian Experimen Fraksi 60g

L	\square_1	\square_2
200	10	5
0.2	Area	
	50	
Max Force	5.22 KgF	
Max Stress	1.02 Mpa	

Data dari maksimal diperoleh tegangan tarik sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (N/M}^2\text{)}$$

$$\sigma = \frac{155,7}{10 \times 5}$$

$$= 3,114 \text{ (MPa)}$$

Regangan yang terjadi :

$$\epsilon = (L - L_0) / L_0$$

$$= (215,5 - 200) / 200$$

$$= 0,0575$$

Selanjutnya data dihitung modulus Young diperoleh :

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

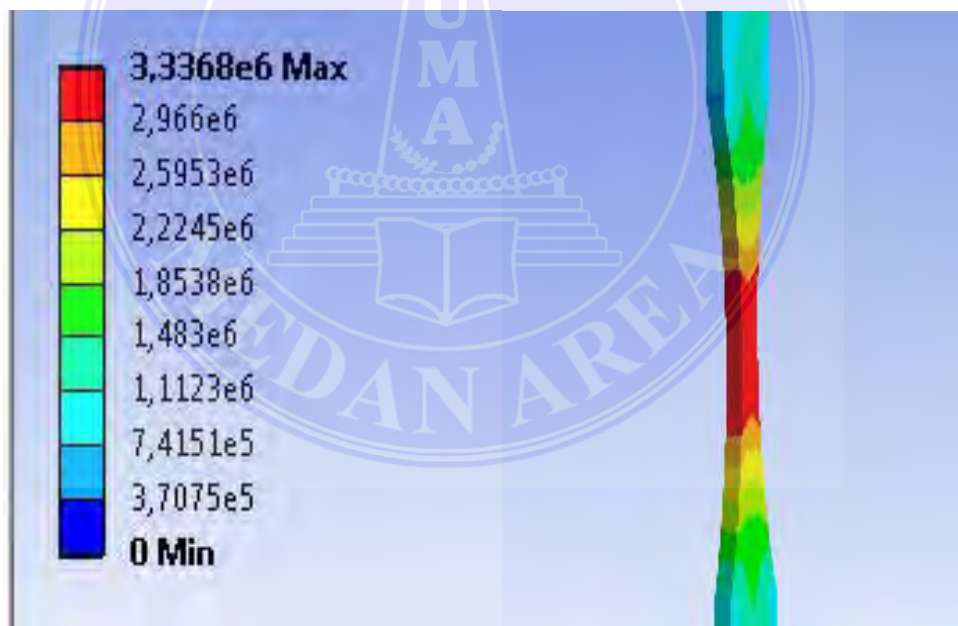
$$= \frac{3,144}{6,75}$$

$$= 0,46577 \text{ MPa}$$

Pengujian Dengan Simulasi Ansys

Hasil yang diperoleh dari analisis kekuatan mekanis material komposit menggunakan tempurung kelapa fraksi 60g menggunakan software Ansys sebagai berikut :

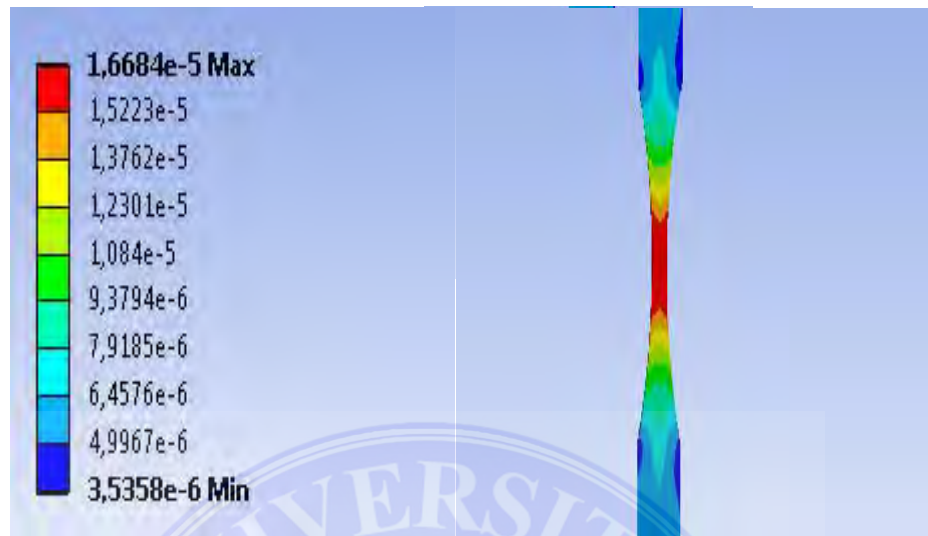
1. Equivalent Stress



Gambar 4.5 Hasil pengujian Stress Fraksi 60g

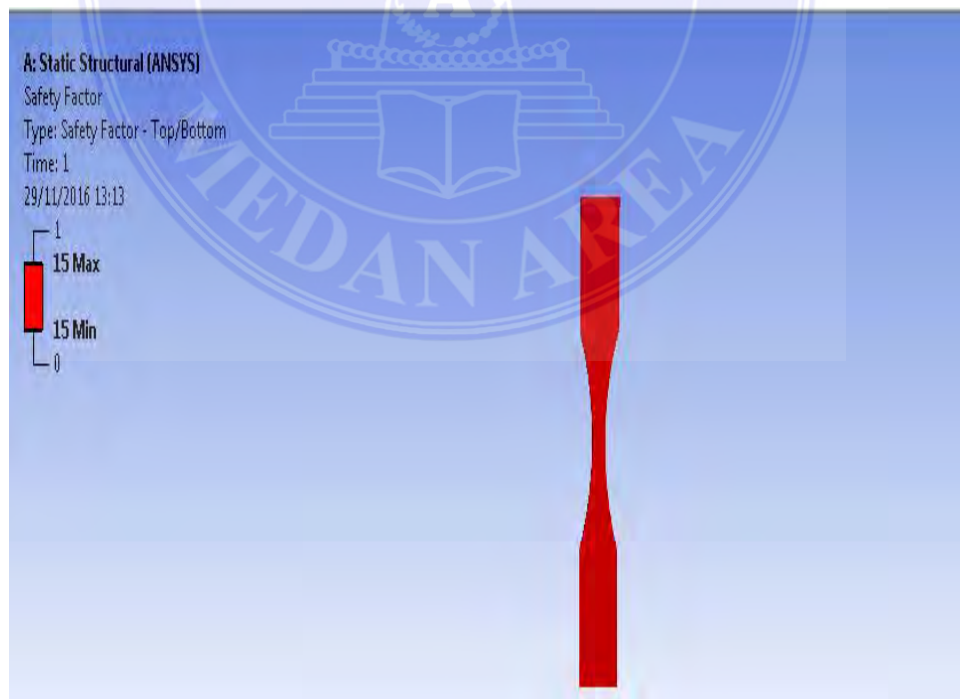
Setelah dilakukan pengujian nilai Maximum Equivalent Stress yang dihasilkan adalah 33,368 sedangkan hasil minimum adalah 0.

2. Equivalent Elastic Strain



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Equivalent Elastic Strain Fraksi 60g
 Maximum Elastis Strain yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada bahan pengujian maximal 0,16684 MPa dan minimal 0,035358 MPa.

Safety faktor



Gambar 4.7 Hasil pengujian Safety factor

Safety factor yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan adalah maksimal 15 dan minimal 0.

4.1.4 Tabel Dan Diagram Hasil Data Pengujian Eksperimen Dan Software

Ansys.

Tabel 4.4. Tabel hasil data pengujian Equivalent Elastic Strain Software Ansys

No	Percobaan Material Komposit Tempurung Kelapa	Perbandingan Hasil Pengujian Ansys		
		Maximum	Minimum	Nilai Selisih Max-Min
1	Fraksi 40g	0,12241MPa	0,018523 MPa	0,103887MPa
2	Fraksi 50g	0,14462 MPa	0,021445 MPa	0,123175MPa
3	Fraksi 60g	0,16684 MPa	0,035358 MPa	0,131482 MPa

Sumber tabel : Skripsi Simulasi Kekuatan Mekanis Material Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga.

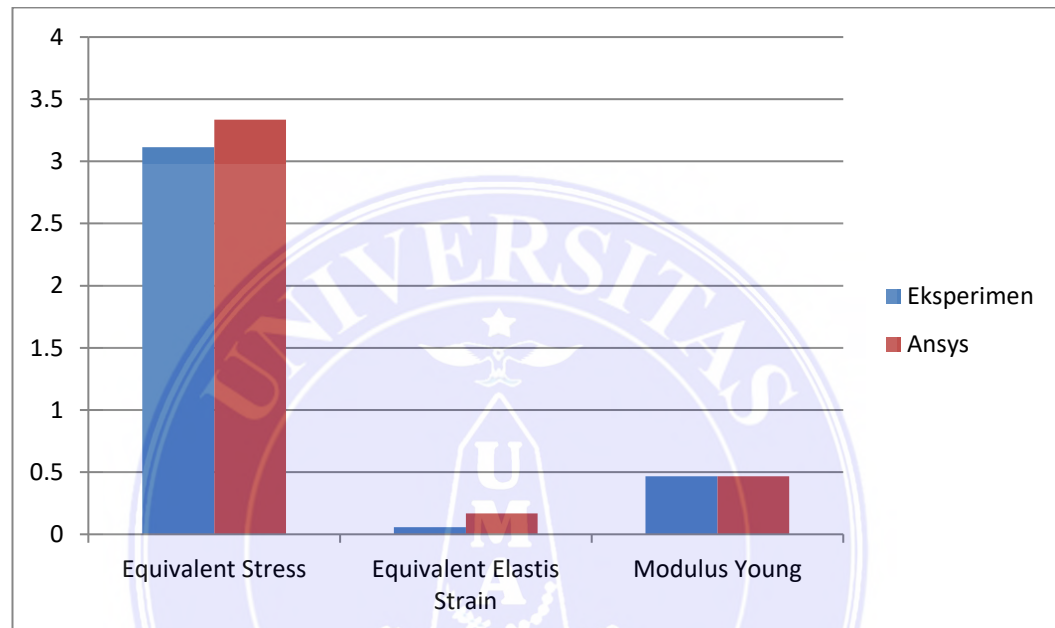
Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa material komposit tempurung kelapa yang terbaik pada fraksi 60g. Karena fraksi 60g mempunyai kekuatan daya tarik yang lebih tinggi dibandingkan fraksi 40g dan 50g.

Tabel 4.5. Tabel Perbandingan pengujian eksperimen dan pengujian Ansys

No	Type Pembebanan	Deformasi	
		Max eksperimen	Max Ansys
1	Equivalent Stress	3,114	3,3368
2	Equivalent elastis Strain	0,0575	0,16684
3	Modulus young	0,4657	0,4657

Sumber tabel : Skripsi Simulasi Kekuatan Mekanis Material Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga.

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengujian dengan menggunakan software Ansys mendapatkan nilai equivalent stress dan equivalent elastis strain yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian eksperimen.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan pengujian menggunakan eksperimen dan software ansys

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penulisan ini menurut penulis bahwa berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian bahan material komposit serbuk arang tempurung kelapa dengan fraksi berat 60g menggunakan metode elemen hingga merupakan hasil nilai equivalent elastic strain yang tertinggi dari semua percobaan.
2. Hasil regangan bahan uji yang disimulasikan dengan metode elemen hingga lebih renggang dibandingkan dengan pengujian eksperimen.

5.2 Saran

Saran dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Disarankan kepada mahasiswa yang lain agar tugas proyek yang akan datang dikerjakan dengan pemilihan material yang lain dan diterapkan untuk pengujian yang sama melalui *Ansys Workbench*.
2. Disarankan kepada mahasiswa berikutnya agar mempelajari dasar-dasar dan aplikasi *Software Ansys* lebih mendalam atau detail.
3. Disarankan kepada teman-teman sekelas dan seangkatan agar memberi peluang waktu untuk mempelajari teknik-teknik *Design Ansys Workbench* lebih mendalam dan teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Desai, M,C, S. A. (2008) *Experimental and Computational Aerodynamic Investigations of a Car*, ISSN 1790-5087, Mechanical Engineering SVNIT, India.
- Damjanović, D. (2010) *Car Design As A New Conceptual Solution And CFD Analysis In Purpose Of Improving Aerodynamics*, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Mechanical Engineering Croatia.
- Nakashima, T (2008) *Simulation Of Unsteady Vehicle Aerodynamics And Flow Structures*, BBAA VI International Colloquium on : Bluff Bodies Aerodynamics & Applications, Milano, Italy.
- Sheikh A.Z. (2003) *Simulasi Aerodinamika Kendaraan Dengan Menggunakan Fluent*, Jurnal Teknikal Dan Kajian Sosial, Jilid 1, Malaysia.
- Tuakia, F. (2008), *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*, Informatika, Bandung.
- Zuhri, M. (2009) *Analisa Desain Aerodinamika Mobil Sedan Dengan Menggunakan Program Komputasi Dinamika Fluida*, Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- M. M. Islam (2010) *Computational Drag Analysis Over A Car Body* Dhaka: Department of Mechanical Engineering, University of Engineering and Technology Bangladesh.
- Munson, B. (2002) *Fundamentals of Fluid Mechanics, 5th edition*. New York: John Wiley&Co.
- Rajamani G.K. (2006) *CFD Analysis of Air Flow Interactions in Vehicle Platoons*. School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering RMIT University.
- Krishnani, P.N. (2006) *CFD Study Of Drag Reduction Of A Generic Sport Utility Vehicle*. Mumbai: Mumbai University.