

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Witono (2013) meneliti perlakuan alkali (NaOH) terhadap morfologi dan kuat tarik serat Mendong dengan variasi konsentrasi sebesar 2,5% v/v, 5% v/v, dan 7,5% v/v, dengan variasi perendaman untuk masing- masing konsentrasi selama 2, 4, dan 6 jam serta membandingkan hasilnya dengan serat mendong tanpa perlakuan alkali. Didapatkan hasil kuat tarik tertinggi pada kadar NaOH 5% v/v dan lama perendaman 2 jam, sebesar 497,34 MPa dan yang terendah pada kadar 7,5% NaOH dengan lama perendaman 6 jam. Morfologi serat mendong yang mengalami perlakuan alkali (NaOH) terlihat lebih kasar daripada serat mendong yang belum mengalami perlakuan alkali (NaOH) dan semakin tinggi kadar NaOH, maka semakin kasar serat mendong tersebut.

Efendi (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh fraksi volume serat pandan berduri dengan matrik terhadap sifat mekanikal dengan matrik *polyester* BTQN 157, dengan fraksi volume 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan dilakukan *post cure* pada suhu 62°C selama 4 jam dari hasil penelitian serat pandan berduri yang disusun secara horizontal nilai tertinggi pada pengujian tarik didapat pada fraksi volume 25% dengan nilai tegangan tarik maksimum 22,933 MPa, *modulus elastisitas* 0,0032 GPa, pada spesimen dengan penyusunan acak pada serat didapatkan nilai tertinggi pada uji tarik pada fraksi volume 25% dengan nilai tegangan tarik 35,300 MPa dan *modulus elastisitas* dengan nilai 9,005 GPa.

Rido (2015) melakukan penelitian serat tunggal pandan berduri terhadap sifat kuat tarik, pandan berduri mendapatkan perlakuan proses *degumming* pada suhu 80°C dengan variasi lama waktu *degumming* 1,2,3,4 jam dengan variasi alkali 2,5%, dan 5% NaOH selama 2 jam. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil kuat tarik tertinggi pada variasi waktu *degumming* 3 jam dan konsentrasi NaOH 2.5% dengan nilai 693,31 MPa dan pada Regangan serta nilai tertinggi didapatkan pada variasi lama waktu *degumming* 4 jam dan variasi NaOH 5% dengan nilai 139,85

$\mu\text{m}/\text{mm}$, pada modulus elastisitas nilai tertinggi pada variasi waktu *degumming* 3 jam dan variasi NaOH 2,5% dengan nilai 1074,21 MPa.

Adi (2006) meneliti kekuatan bending serat kenaf acak dengan resin poliester yang mengacu pada standar ASTM D-790. Dengan variabel fraksi volume serat 20%, 30%, 40% dan 50% diperoleh kekuatan bending tertinggi pada fraksi volume 20% dengan nilai 7,73 MPa. Penelitian tersebut sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono (2006) mengenai komposit serat kenaf acak yang menggunakan standar ASTM D-790 dihasilkan kekuatan tertinggi pada fraksi volume 40% dengan nilai 105,38 MPa.

Dari beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi alkali dan semakin lama waktu perendamanya akan menurunkan kekuatannya dan untuk fraksi volume kekuatan tertinggi didapat di variasi fraksi serat antar 20 % sampai 25%, dan sudah banyak penelitian serat alam sebagai *filler* matrial komposit namun masih sedikit penelitian yang menggunakan pengaruh perbandingan tebal lapisan terhadap sifat impact dan tarik serat pandan berduri kontinu dan acak agar bisa memaksimalkan matrial komposit sebagai bahan alternatif pengganti bahan baku konvensional dalam industri teknologi material.

2.2. Pandan Berduri

Pandan berduri merupakan segolongan tumbuhan monokotil dari *Genus Pandanus*. Sebagian besar anggotanya merupakan tumbuh tersebar didaerah tropika, di tepi-tepi pantai dan sungai-sungai, tetapi tidak terdapat di Amerika. Anggota tumbuhan ini dicirikan dengan daun yang memanjang (seperti daun palem atau rumput), seringkali tepinya bergerigi. Akarnya besar dan memiliki serabut yang menopang tumbuhan ini. Ukuran tumbuhan ini bervariasi, mulai dari 50 cm hingga 5 meter. Alam Indonesia cukup banyak tersedia keanekaragaman tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk industri kerajinan, antara lain anyaman. Untuk menghasilkan produk anyaman dari bahan tumbuhan diperlukan pengetahuan dan pengalaman dalam mengenal tumbuhan yang memiliki serat yang panjang dan kuat. Salah satu ragam tumbuhan yang

memenuhi kedua persyaratan tersebut adalah pandan, yaitu salah satu anggota suku pandan-pandan (*Pandanaceae*), terutama dari marga *Pandanus*.

Jenis-jenis dari marga *Pandanus* merupakan anggota *Pandanaceae* yang paling luas persebarannya dan kisaran habitat yang ditempatinya. Tumbuhan tersebut dapat ditemukan mulai dari pantai berpasir hingga hutan dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 3500 meter dari permukaan laut dan mulai dari hutan sekunder dan padang rumput dengan corak ragam tanah mulai dari tanah basah subur berhumus, kapur, rawa gambut hingga tanah berpasir yang relatif kering dan miskin zat-zat hara.

2.3. Pengertian Komposit

Komposit merupakan gabungan 2 jenis bahan yang berbeda yang terdiri dari *matrix* dan *filler* dan penggunaan sehari-hari kita sering menemui benda-benda yang terbuat dari material komposit seperti papan komposit partikel dan aksesoris pada kendaraan.

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada *alloy* / paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Jamasri, (2008). Penggunaan serat alam sudah digunakan sebagai penguat lebih dari 3000 tahun yang lalu dengan ditemukannya bangunan tua di mesir yang berusia 3000 tahun lebih menggunakan serat alam sebagai penguat

2.4. Keunggulan Bahan Komposit

Bahan komposit memiliki beberapa keunggulan mulai dari berat yang lebih ringan, tahan terhadap korosi, biaya produksi yang lebih murah, bahan baku

mudah didapat apa bila menggunakan serat alam sebagai penguat, beberapa jenis komposit lebih kuat dari pada paduan logam seperti material komposit dari serat karbon.

2.5. Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matrik

Berdasarkan matrik komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok yaitu:

2.5.1. Komposit matrik polimer (KMP)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan disebut, Polimer Berpenguatan Serat (FRP – *Fibre Reinforced Polymers or Plastics*) – bahan ini menggunakan suatu polimer berdasar resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (*Kevlar*) sebagai penguatannya. Jenis polimer yang banyak di gunakan.

- *Thermoplastic* :

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan polieter eterkenton (PEEK).

- *Termoset* :

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis *thermoset* tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik.

Contoh dari termoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-Imida (PI).

2.5.2. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites – MMC*)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen MMC* yang digunakan dalam aplikasi *aerospace*.

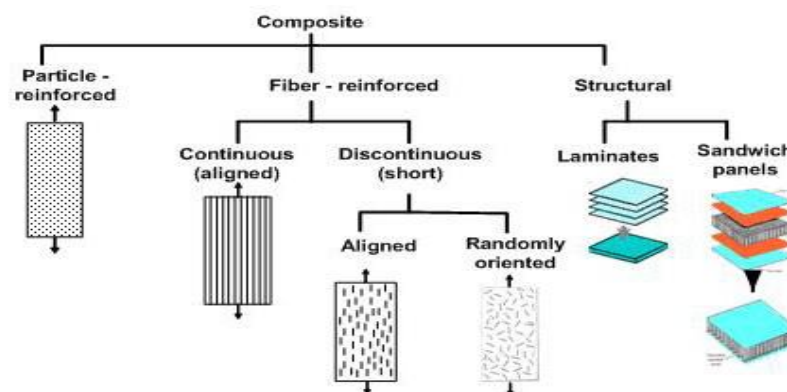
2.5.3. CMC

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi lebur logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah *filler*.

2.6. Klasifikasi Komposit Berdasarkan Bentuk Penguatnya

Komposit dibedakan menjadi 3 macam (jones, 1975) yaitu :

1. Komposit serat (*Fibrous Composites*)
2. Komposit partikel (*Particulate Composites*)
3. Komposit lapis (*Laminates Composites*)



Gambar 2.1. Klasifikasi Komposit Berdasarkan Strukturnya.

2.7. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *fibers glass*, *carbon fibers*, *aramid fibers* (*poly aramide*), dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Serat merupakan material yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal. Serat juga mempunyai kekuatan dan kekakuan terhadap densitas yang besar (Jones, 1975). Dalam material komposit serat dibedakan menjadi 4 jenis berdasarkan penyusunan arah seratnya.

2.7.1. *Continuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat kontinu).

Continuous atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangan tipe ini adalah lemahnya kekuatan antara lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antara lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.



Gambar 2.2. *Continuous fiber composite* (Gibson, 1994).

2.7.2. *Chopped fiber composite* (komposit diperkuat serat pendek/acak)

komposit dengan tipe serat pendek masih dibedakan menjadi 3 :

- *Aligned discontinuous fiber*
- *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- *Randomly oriented discontinuous fiber* merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak

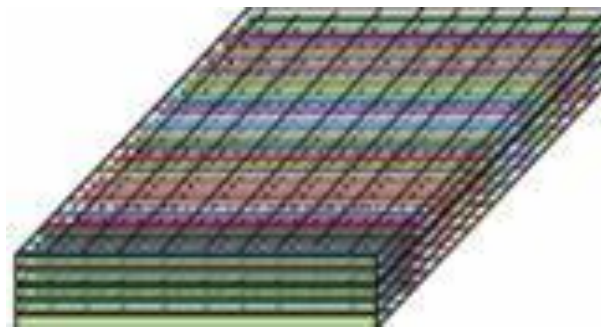
sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya, manufaktur yang lebih murah kekurangan dari jenis serat acak adalah kekuatan sifat mekanik yang masih dibawah dari kekuatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.



Gambar 2.3. *Chopped fiber composite* (Gibson, 1994).

2.7.3. Woven fiber composite (komposit diperkuat dengan serat anyaman).

Komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakaibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.



Gambar 2.4. *Woven fiber composite* (Gibson, 1994).

2.7.4. Hybrid composite (komposit diperkuat serat kontinu dan serat acak).

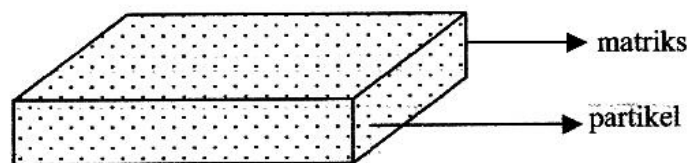
Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat menutupi kekurangan sifat dari kedua tipe yang digabungkan.



Gambar 2.5. *Hybrid composite* (Gibson, 1994).

2.7.5. Partikel Komposit

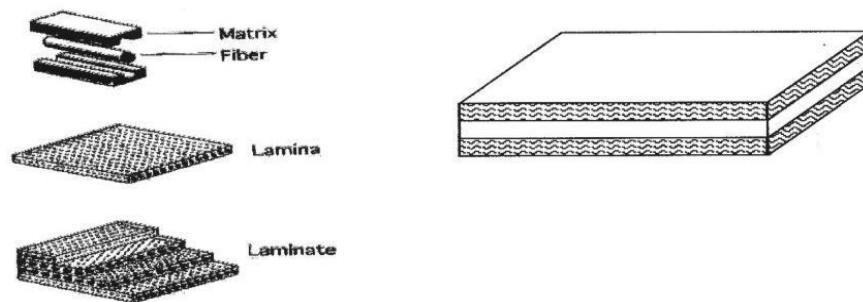
Merupakan material komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya. Partikel komposit memiliki kelebihan karena kekuatan lebih seragam ke berbagai arah partikelnya bisa berupa logam maupun non logam dan ada juga ada polimer yang mengandung partikel tapi bukan sebagai penguat hanya untuk memperbesar volume material tersebut (Jones, 1975).



Gambar 2.6. *Particulate Composite* (Gibson, 1994)

2.7.6. Komposit Lapis (*Laminates Composites*).

Adalah jenis komposit lapis yang digabung menjadi satu yang membentuk elemen struktur integral pada komposit. Lamina dibuat agar elemen struktur mampu menahan beban *multiaksial*, sesuatu yang tidak dapat dicapai dengan lapisan tunggal. Lapisan tunggal hanya kuat pada arah seratnya, tetapi sangat lemah pada arah tegak lurus arah seratnya. Oleh karena itu lapisan tunggal hanya cocok untuk beban *uniaksial*, sedangkan untuk menahan beban *multiaksial*, lapisan tersebut harus digabung dengan lapisan lain yang berbeda arah dengan lapisan yang pertama. Dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat (Jones, 1999).



Gambar 2.7. *Laminated Composites* (Gibson, 1994)

2.8. Perlakuan Alkali (NaOH)

Sifat alami serat adalah *Hyrophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang *hidrophilic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam *selulosa* telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidropholic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal (Bismarck dkk 2002).

Natrium hidroksida (NaOH) murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran, atau larutan jenuh 50%. Natrium hidroksida juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Sifat alami serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu suka terhadap air, berbeda dengan polimer yang bersifat *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam *selulosa* telah diteliti dan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

2.9. Serat (*Fiber*)

Serat atau *fiber* merupakan bahan penguat dari material komposit serat memiliki banyak jenis mulai dari serat alam seperti serat daun pandan, serat

batang pisang, serat rami, serat kenaf, serat nanas dan lain-lain. Serat sintetis atau serat buatan merupakan serat yang paling banyak digunakan saat ini karena memiliki kekuatan yang lebih baik dari serat alam namun jenis serat ini tidak ramah lingkungan jenis serat sintetis seperti : serat karbon, serat gelas serat armaid (*Kevlar*) dan lain – lain.

2.10. Resin Polyester

Polyester berupa resin cair dengan *viskositas* yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis. Sifat *polyester* ini adalah kaku dan rapuh/getas. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar *ultra violet* bila dibiarkan diluar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. Secara luas *polyester* digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit (Surdia dan Saito, 1984). Dalam penelitian ini menggunakan Resin *Polyester SHCP Polyester 268 BQTN*

Tabel 2.1. Spesifikasi SHCP Polyester 268 BQTN series

Karakteristik	Nilai	Metode Uji
Penyerapan air	0.35%	ISO-62-1980
Kekerasan	48BHC	ASTM D 2583-67
Suhu distorsi panas	67.3°C	ASTM D 648-72
Perpanjangan	3.2%	ASTM D 638-72
Massa jenis resin, 25 °C	1.13 kg/liter	ASTM D 1475
Volume penyusutan	9%	Massa jenis
Penguapan	40 - 43%	ASTM D 3030
Kekuatan bending	82.4 MPa	ASTM D 790
Modulus bending	5257.3 MPa	ASTM D 790
Kekuatan tarik	29.4 MPa	ASTM D 638

Sumber: *Singapore Highpolymer Chemical Product Pte Ltd.*

2.11. Katalis

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras dapat berupa *monomer*, *polymer* atau senyawa campuran. Katalis juga dipergunakan sebagai zat *curing* bagi resin

termoset, mempersingkat waktu *curing* dan meningkatkan ikatan silang *polpojkymer*-nya. Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur terelevasi (*elevated temperature*) tanpa ikut bereaksi (Hartomo, 1992). Semakin banyak katalis, reaksi *curing* akan semakin cepat. Tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat *curing* sehingga bisa merusak produk yang dibuat. Produk tersebut dapat menjadikan bahan komposit getas/rapuh. Oleh karena itu pemberian katalis dibatasi kira-kira 1% - 2% dari berat resin (Justus Kimia Raya, 2001, *Technical Data Sheet*). Salah satu katalis yang sering digunakan adalah MEKPO (*Metyhl Ethyl Ketone Peroxide*).

2.12. Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik terbagi menjadi dua jenis pengujian yaitu:

1. Pengujian dengan merusak benda uji (*destructive*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari spesimen benda uji dan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan maksimum yang dimiliki benda uji tersebut.

2. Pengujian tanpa merusak benda uji (*non destructive*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cacat yang ada pada benda uji.

Pada penelitian ini menggunakan jenis pengujian impact dan tarik.

2.13. Pengujian Impact

Pengujian impact bertujuan untuk mengetahui seberapa besar material mampu menyerap energi beban kejut dalam pengujian ini menggunakan standar ASTM D256-00.

Eserap = energi awal – energi yang tersisa

$$= m.g.h - m.g.h$$

$$= m.g.(R-R\cos \alpha) - m.g.(R- R.\cos \beta)$$

$$E_{\text{serap}} = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

Eserap : Energi serap (J)

m : Massa pendulum (kg)

- g : Percepatan gravitasi (m/s^2)
 R : Panjang lengan (m)
 α : Sudut pendulum sebelum diayunkan
 β : Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen

Harga dampak dapat dihitung dengan :

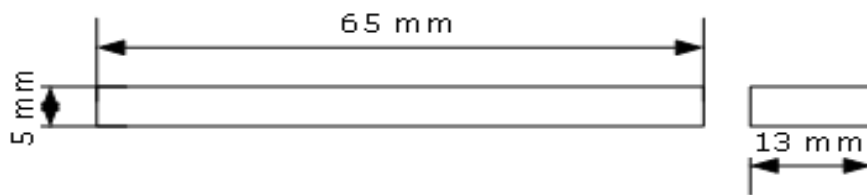
$$HI = \frac{E_{serap}}{A_o} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

HI : Ketangguhan dampak (J/mm^2)

Esrp : Energi serap (J)

Ao : Luas penampang (mm^2)



Gambar 2.8. Spesimen modifikasi dari ASTM D 256.

2.14. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui, tegangan, regangan dan modulus elastisitas suatu bahan. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan yang dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik bahan sewaktu mengalami lenturan *clan* permesinan sehingga dapat digunakan pada saat perencanaan dan pemilihan material untuk perhitungan kekuatan struktur dan keperluan lainnya. Pengujian ini menggunakan (ASTM D 638-02)

Rumus untuk hubungan tegangan dan regangan (Surdia, 1995)

$$P = \sigma \cdot A \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

P = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (mm²)

σ = Tegangan (MPa)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*Gage Length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit (Surdia,1995).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

ε = Regangan (mm/mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang daerah ukur (*Gage length*) mm

$$E = \frac{l_0 \times \Delta F}{\Delta L \times A} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

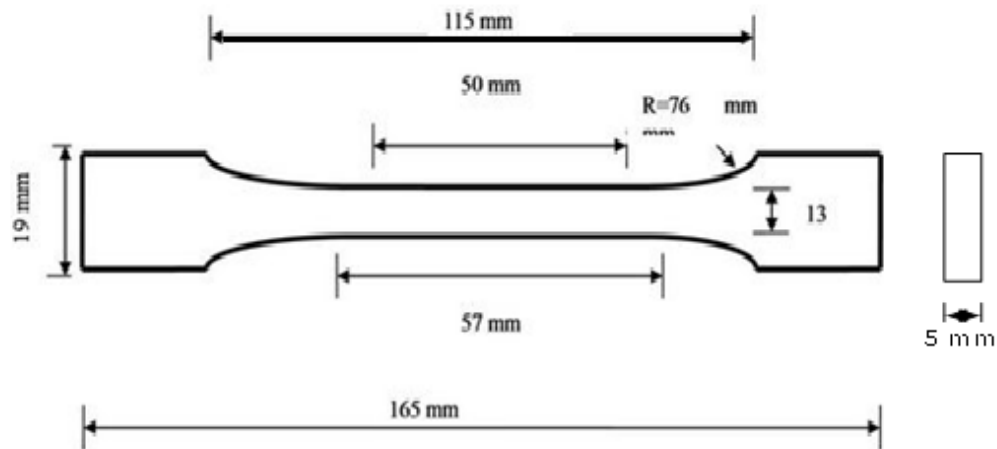
E = Modulus elastisitas tarik (MPa)

ΔF = *Gaya Tarik* (N)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang daerah ukur (*Gage length*) mm

A = Luas penampang (mm²)



Gambar 2.9. Spesimen ASTM D 638-02 *type 1*

2.15. Sifat Fisis Komposit

Untuk menghitung persamaan kekuatan komposit dan sifat-sifat komposit dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (*Chawla, 1987*).

a. Massa komposit

Massa komposit dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_c = m_f + m_m \dots\dots\dots(2.6)$$

keterangan :

m_c = massa komposit (g)

m_f = massa serat (g)

m_m = massa matrik (g)

b. Massa jenis komposit

Massa jenis komposit dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_c = \frac{m_c}{v_c} \dots\dots\dots(2.7)$$

keterangan :

ρ_c = massa jenis komposit (g/cm^3)

m_c = massa komposit (g)

v_c = volume komposit (cm^3)

c. Volume Komposit

$$v_c = p \times l \times t \dots\dots\dots(2.8)$$

keterangan :

p = panjang material (cm)

l = lebar material (cm)

t = tebal material (cm)

d. Fraksi masa serat

$$w_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

keterangan :

w_f = fraksi massa serat (%)

m_f = berat serat (gr)

m_c = berat komposit (gr)

e. Fraksi volume serat

$$V_f = \frac{m_f/\rho_f}{(m_f/\rho_f)+(m_m/\rho_m)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

keterangan :

V_f = fraksi volume serat (%)

ρ_f = massa jenis serat (g/mm³)

m_m = massa matrik (g)

m_f = massa serat (g)

ρ_m = massa jenis matrik (g/mm³)

f. Persamaan *Rule of Mixtures*

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m \cdot V_m \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\varepsilon_c = \varepsilon_f \cdot V_f + \varepsilon_m \cdot V_m \dots\dots\dots(2.12)$$

$$E_c = E_f \cdot V_f + E_m \cdot V_m \dots \dots \dots (2.13)$$

keterangan :

σ_c = kekuatan komposit (MPa)

ε_c = regangan komposit (mm/mm)

E_c = modulus elastisitas komposit (GPa)

V_f = fraksi volume serat (%)

V_m = fraksi volume matrik (%)

Hubungan antara fraksi volume dengan persamaan *rule of mixtures* $\sigma_f > \sigma_m$ dengan bertambahnya V_f maka akan menaikkan harga σ_c . Jika sebaliknya $\sigma_f < \sigma_m$ dengan bertambahnya V_f maka akan menurunkan harga σ_c . Berlaku juga untuk regangan komposit dan modulus elastisitas komposit.