

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk makroskopik, yang terbuat dari bermacam-macam kombinasi atau gabungan antara serat, matrik dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya. ([Jones, 1999](#)).

Dalam hal ini gabungan bahan ada dua macam

a. Gabungan Makro:

- ✓ Bisa dibedakan secara visual
- ✓ Penggabungan lebih secara fisis dan mekanis
- ✓ Bisa dipisahkan secara fisis dan mekanis

b. Gabungan Mikro:

- ✓ Tidak bisa dipisahkan secara visual
- ✓ Penggabungan ini lebih secara kimia
- ✓ Sulit dipisahkan, tetapi dapat dilakukan secara kimia

Karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran / kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utamanya yang secara makro berbeda didalam bentuk dan atau komposisi material pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit yaitu :

1. Material pembentuk

Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya.

2. Susunan struktural komponen

Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.

3. Interaksi antar komponen

Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda.

Secara umum material komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu :

1. Matrik

Matrik berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan external. Matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam maupun keramik.

2. *Filler* (Pengisi)

Filler (Pengisi) berfungsi sebagai penguat dari matrik. *Filler* yang umum digunakan adalah *carbon*, *glassm silicon karbida* dll.

Berdasarkan Matrik, struktur komposit yang ada dapat dibedakan menjadi tiga yaitu ([Gison, 1994](#)) :

a) *Polymer matrix composite (PMC)*

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan disebut polimer berpenguat serat (*fiber reinforced polymers or plastic – FRP*). Bahan ini biasanya menggunakan suatu polimer berdasarkan resin sebagai matriknya dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid sebagai penguatnya.

b) *Metetal matrix composite (MMC)*

Ditemukan berkembang pada industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti kuningan sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida.

c) *Ceramic matrix composite (CMC)*

Digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek atau serabut-serabut dimana terbuat dari silikon karbida atau baron nitrida.

Berdasarkan bentuk penguatnya, secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu ([Jones, 1999](#)) :

a) *Komposit serat (Fiber Composite)*

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat dan matrik. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit 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. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi dari pada matrik penyusun komposit. Pemilihan serat atau penguat penyusun pada komposit harus dipertimbangkan dalam hal salah satunya harga. Hal ini penting karena sebagai pertimbangan bila akan digunakan pada skala produksi besar.

Jenis komposit serat terbagi menjadi 4 macam yaitu :

- *Continuous Fiber Composite* (komposit diperkuat dengan serat kontinue)
- *Woven Fiber Composite* (komposit diperkuat dengan serat anyaman)
- *Chopped Fiber Composite* (Komposit diperkuat serat pendek atau acak)
- *Hybrid Composite* (komposit diperkuat serat kontinue dan serat acak)

b) *Komposit Partikel (Particulate Composite)*

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matrik. Komposit yang terdiri dari partikel dan matrik 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 matrik 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 dari komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren dimana fase partikel dan matrik yang menunjukkan sambungan yang baik.

c) *Kompiste Laminat (Laminated Composite)*

Komposit laminat merupakan komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus.

2.2 Polimer Matrik Komposit

Komposit ini menggunakan bahan bahan polimer sebagai matriknya. Secara umum, sifat-sifat komposit polimer ditentukan oleh sifat-sifat penguat, sifat-sifat polimer, rasio penguat terhadap polimer dalam komposit (fraksi volume penguat), geometri dan orientasi penguat pada komposit.

Komposit polimer memiliki beberapa sifat yaitu biaya pembuatan lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus pabrikan dapat dipersingkat, kemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan.

Bahan polimer yaitu bahan dengan berat molekul (M_r) lebih dari 10.000. keunggulan bahan polimer yaitu mampu cetak yang baik. Pada temperatur rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi dan lain-lain. Bahan polimer biasa digunakan sebagai matrik pada komposit, adapun polimer yang sering dipakai yaitu ([Porwanto, 2008](#)) :

a. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali 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 (*reversible*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu *polymide (PI)*, *Polysulfone (PS)*, *Polypropylene (PP)*, *Polythylene (PE)* dll.

b. *Thermoset*

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

2.3 Serat Serabut Kelapa

Serat serabut kelapa (*Choconut Fiber*) adalah salah satu jenis serat alami alternatif dalam pembuatan komposit yang pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihilangkan komposit yang lebih sempurna di kemudian hari. Serat kelapa (*Choconut Fiber*) ini mulai dilirik penggunaannya, karena selain mudah didapat, harga relatif murah, pemanfaatan serat kelapa juga dapat mengurangi lingkungan (*biodegradability*) sehingga pembuatan komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya serat kelapa yang berserakan akibat tidak dimanfaatkan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat kelapa sebagai bahan/material komposit ini sangat dimaklumi mengingat ketersediaan bahan baku di Indonesia cukup melimpah.

Tanaman kelapa (*Cocos Nucifera L*) banyak terdapat di daerah beriklim tropis. Pohon kelapa diperkirakan dapat ditemukan lebih dari 80 negara di dunia. Indonesia merupakan agraris yang menempati posisi ketiga setelah Filipina dan India, sebagai penghasil kelapa terbesar di dunia. Pohon kelapa (*Coconus Nucifera L*) ini merupakan tanaman yang sangat produktif, dimana dari daun hingga akarnya dapat diolah menjadi suatu produk teknologi maupun bahan bangunan atau keperluan sehari-hari, sehingga pohon ini dijuluki sebagai *The Tree Of Life* (Pohon Kehidupan) dan *A Heavenly Tree* (Satyanarayana K.G dkk, 1982).

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Serat Kelapa
(Delft University Of Technology, 2004)

Besaran	Nilai
Density(g/cm ³)	1,2
Elongation modulus	6 Gpa
Porositas	69.6 % - 74.1 %
Kekuatan Tarik	220MPa

2.4 Plastik HDPE

HDPE (*High Density Poly Ethelene*) merupakan bahan baku untuk jenis Plastik HDPE dimana umumnya hasil produksi berbentuk *plastik kantong, plastik roll dan plastik lembaran*. Masyarakat Indonesia dalam kesehariannya mengenal istilah Kantong Plastik

HDPE dengan sebutan *kantong HD*, *kantong kresek*, *kantong asoy*, *tas plastik HD*, ataupun *shopping bag*.

Plastik HDPE merupakan kependekan dari High density [polyethylene](#) , ini adalah salah satu jenis plastik yang ada di dunia saat ini, kalau dilihat secara visual [jenis plastik](#) HDPE ini pekat , ini banyak digunakan sebagai botol susu. jenis plastik yang satu ini diberi simbol segitiga dan angka nomer 2 . Jenis plastik HDPE mudah didaur ulang, sehingga plastik ini banyak dicari oleh para pebisnis [daur ulang plastik](#). Plastik HDPE ini dibuat dari ethylene dengan proses katalis



Gambar 2.1 Plastik HDPE

Produk plastik HDPE

Kebanyakan jenis plastik high density polyethylene ini digunakan untuk barang-barang seperti berikut ini ;

- Tutup botol, baik itu minuman atau juga produk lainnya.
- Tangki bahan bakar kendaraan.
- Rangka tas ransel.
- Tempat penyimpanan makanan.
- Topi
- Alas sepatu.
- Mainan anak.
- Films
- Botol.
- Pipa karet hydraulic pada [mesin press](#) .
- pembungkus kabel listrik

Keuntungan plastik HDPE

- Harganya lebih murah.

- Plastik ini tahan pada suhu antara -40 C sampai dengan suhu 90 C.
- Plastik ini tahan terhadap kelembapan.
- Tahan terhadap paparan bahan-bahan kimia.
- Bisa digunakan sebagai pembungkuss makanan

Kerugian menggunakan plastik HDPE

- Mudah retak.
- Sulit untuk di bengkokkan.
- Mudah terbakar

Daur ulang plastik HDPE

Plastik HDPE ini mudah didaur ulang, kebanyakan jenis plastik yang satu ini sebelum di daur ulang terlebih dahulu di pisahkan dari jenis plastik lainnya hal ini dimaksudkan agar tidak bercampur dengan jenis plastik lainnya. Setelah selesai di pilah-pilah maka langkah selanjutnya bisa dikirim langsung ke pabrik daur ulang atau juga bisa di giling sendiri dengan menggunakan mesin pencacah plastik. hasil cacahan tersebut bisa kita jual langsung ke pabrik untuk di jadikan produk lainnya seperti botol , tas , alas sepatu dan lain-lain.



Gambar 2.2 Butiran HDPE

Jenis kantong plastik yang terbuat dari bahan baku HDPE (High Density Poly Ethelene) biasa di masyarakat dikenal dengan sebutan “kantong kresek”, “kantong asoy”, “tas plastik HD”, atau “shopping bag”.

Jenis Kantong Plastik HDPE yang dapat di pasaran :

Kantong HDPE Anti Panas

Kegunaan khusus : Untuk kantong kemasan kuah panas, makanan dan minuman panas

Kantong HDPE / Tas Plastik HDPE

Kegunaan umum : sebagai kantong belanjaan sehari-hari

Plastik HDPE Alas / HDPE Sheet

Sebagai Alas dari wadah / box makanan panas / hangat

Plastik HDPE Roll

Kegunaan khusus : dipakai untuk kantong sayur / buah-buahan, alat pembungkus

Ukuran Kantong plastik HDPE yang dapat dipasaran :

Lebar 10 s.d. 120 cm

Warna kantong plastik HDPE yang dapat dipasaran :

- Bening / Transparan
- Aneka motif / Salur
- Aneka warna

Ciri-Ciri Kantong Plastik HDPE yang baik :

- Tidak berbau
- Tidak berbintik
- Tidak mudah jebol

2.5 Resin Polyester

Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit. Resin ini digunakan pada industri-industri umum karena harganya yang terjangkau dan nilai kekerasan yang tinggi dengan proses pengeringan yang cepat.

Jenis resin polyester yang digunakan sebagai matrik komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe polyester jenuh (*saturated polyester*) seperti *Terylene*, yang tidak bisa mengalami *curing* dengan cara seperti ini. Oleh karena itu hal yang biasa untuk menyebut resin polyester tidak jenuh (*unsaturated polyester*) hanya menyebutnya resin *polyester* ([Bramantiyo, 2008](#)).

Tabel 2.2 Karakteristik *Unsaturated Polyester Resin Yukalac 157 BQTN*

([PT. Justus Kimia Raya dalam Najib 2010](#))

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis	gr/cm ³	1.215	25°C
Kekerasan	-	40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	-
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0.188	24 Jam
	%	0.446	3 Hari
Kekuatan Fleksural	Kg/mm ²	9.4	-
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	-
Daya Rentang	Kg/mm ²	5.5	-
Modulus Elastisitas	Kg/mm ²	300	-
Elongasi	%	2.4	-

2.6 Katalis

Katalis yang digunakan adalah katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matrik akan mempercepat laju pengeringan tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak membuat komposit menjadi getas. Pada saat mencampurkan katalis kedalam matriks maka akan menimbulkan reaksi panas (60°-90°C). Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan yaitu, katalis jenis *Methyl Etyl Keton Peroxida* (MEKPO). Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (PT. Justus Sakti Raya, 2001) ([Alian, 2011](#)).

Tabel 2.3 Kuat Tarik Polyester Terhadap Variasi Katalis ([Taufik dan Astuti, 2014](#))

No	Volume Polyester (%)	Volume Katalis (%)	Luas Bidang Tarik (Cm ²)	P_u (N)	Kuat Tarik (N/Cm ²)
1	99	1	23.52	40600	1726.19
2	98	2	22.08	35980	1625.45
3	97	3	20.64	22320	1081.39
4	96	4	23.52	40160	1707.48
5	95	5	23.04	34840	1512.15

2.7 Proses *Vavuum Bag*

Proses *vacuum bag* adalah metode pembuatan material komposit yang menggunakan aplikasi tekanan rendah untuk mengatur jalannya resin menjadi lamina. Material yang menjadi matriks diletakkan di sebuah cetakan, kemudian dilakukan proses vakum untuk menarik aliran resin ke dalam matriks. Setelah lembaran–lembaran antara resin dan matriks terbentuk, maka tabung vakum akan menghisap sisa–sisa resin yang masih tertinggal, sehingga lembaran yang terbentuk mempunyai ketebalan yang sama.

Metode *vacuum bag* menghasilkan material komposit yang mempunyai rasio fiber-resin yang tinggi dibandingkan dengan metode hand lay-up. Metode hand lay-up menggunakan cara manual untuk mengalirkan resin, sedangkan pada metode *vacuum bag* aliran resin dilakukan oleh tekanan vakum yang konstan. Penggunaan tekanan vakum konstan ini yang mengatur distribusi resin agar tetap dalam suatu jumlah tertentu. Hal ini menyebabkan rasio fiber – resin menjadi tinggi sehingga menghasilkan material komposit yang lebih kuat dan ringan ([Rizky, 2010](#)).

Beberapa langkah dasar dalam proses *vacuum bag* sebagai berikut :

1. Fiber yang berfungsi sebagai filler diletakkan dalam suatu cetakan yang dilapisi *vacuum bag*.
2. Resin cair yang berfungsi sebagai matriks dituangkan dalam suatu wadah yang terhubung dengan cetakan dan mesin vakum.
3. Tekanan udara yang ada di dalam cetakan diturunkan oleh mesin vakum.
4. Resin dialirkan pada saat tekanan rendah.
5. Proses curing dilakukan setelah resin membentuk lamina.

Dalam penelitian [Setiaji \(2016\)](#), hasil pengujian kekerasan permukaan, pengujian tarik dan pengujian impact diperoleh pengaruh tekanan *vacuum* pada proses *vacuum bag* yaitu, semakin rendah tekanan *vacuum* yang digunakan maka menurunkan sifat fisik (semakin halus) komposit dan meningkatkan sifat mekanik. Hasil yang didapat pada variasi tekanan yang dilakukan : tekanan *vacuum* 0,2 bar menghasilkan nilai kekerasan permukaan 0,498 μm , nilai kekuatan tarik 27,344 Mpa dan nilai kekuatan impact 47,859 J/mm^2 , tekanan *vacuum* 0,5 bar menghasilkan nilai kekerasan 0,544 μm , nilai kekuatan tarik 15,664 Mpa dan nilai kekuatan impact 39,953 J/mm^2 dan tekanan *vacuum* 1,0 bar menghasilkan nilai kekerasan permukaan 0,577 μm , nilai kekuatan tarik 14,768 Mpa dan nilai kekuatan impact 33,338 J/mm^2 .

2.8 Fraksi Volume Serat

Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah denistas resin, densitas penguat, massa matrik dan massa penguat. Jumlah perbandingan yang biasanya digunakan dalam pembuatan komposit adalah rasio berat (fraksi berat) dan rasio volume (fraksi volume). Hal ini dikarenakan satuan dari matrik dan serat biasa dihitung dengan satuan masa dan satuan volume ([Rianto, 2011](#)).

$$\text{Fraksi volume serat} = \frac{V_{\text{serat}}}{V_{\text{komposit}}} \times 100\% \quad 2.1$$

$$\text{Fraksi volume serat} = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \quad 2.2$$

$$\text{Fraksi volume matrik} = \frac{V_{\text{matrik}}}{V_{\text{komposit}}} \times 100\% \quad 2.3$$

$$\text{Fraksi volume serat} = \frac{\frac{m_m}{\rho_m}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \quad 2.4$$

Keterangan :

m_m = massa matrik (gr)

m_f = massa serat (gr)

ρ_f = massa jenis serat (gr/cm^3)

ρ_m = massa jenis matrik (gr/cm^3)

2.9 Pengujian Sifat Mekanik

Pada penelitian ini pengujian hanya difokuskan pada karakter yang dihasilkan oleh hasil ujitarik, uji impact, uji bending, dan uji densitas.

2.9.1 Uji Impact

Pengujian impact adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan yang akan diuji dengan cara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statis.

Metode pengujian yang digunakan mengikuti standar [ASTM D 6110-04](#) yaitu uji impact *charpy*. Uji impact *charpy* adalah pengujian tumbukan dengan meletakkan posisi

spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan takikan.

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) \quad 2.8$$

Keterangan :

E_1 : Usaha yang dilakukan (kg.m)

P : Berat palu (kg)

D : Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)

α : Sudut angkat palu ($^{\circ}$)

$$E_2 = P (D - D \cos \theta) \quad 2.9$$

Keterangan :

E_2 : Sisa usaha setelah mematahkan spesimen (kg.m)

P : Berat palu (kg)

D : Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)

θ : Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen ($^{\circ}$)

usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$E = E_1 - E_2 \quad 2.10$$

Keterangan :

E : Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji(kg.m)

E_1 : Usaha yang dilakukan (kg.m)

E_2 : Sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg.m)

Dengan besar harga *impact* dapat diketau dengan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{E}{A_o} \quad 2.11$$

Keterangan :

W : Harga impact (kg.m/mm²)

E : Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg.m)

A_o : Luas penampang dibawah takikan (mm²)

2.10 Densitas

Pengujian densitas merupakan pengujian sifat fisis terhadap spesimen, yang bertujuan untuk mengetahui nilai kerapatan massa dari spesimen yang diuji. Rapat massa (mass density) suatu zat adalah massa zat per satuan volume.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad 2.12$$

Keterangan :

ρ : densitas benda (gr/cm^3)

m : massa benda (gr)

v : volume benda (cm^3)

Pada benda dengan bentuk yang tidak beraturan, dimana kita kesulitan untuk menentukan volumenya, kita dapat menghitung densitas dengan hukum Archimedes. Dalam pengujian densitas disini pada prinsipnya menentukan massa spesimen diudara (m_{udara}) dan massa spesimen di air (m_{air}). Massa diudara (m_{udara}) dapat dihitung dengan timbangan digital secara normal yang merupakan massa sesungguhnya. Massa dalam air (m_{air}) dapat dihitung dengan cara massa diudara (m_{udara}) dikurangi gaya keatas, sedangkan gaya ke atas dapat dihitung dengan teori Archimides. Pada teori Archimides dikatakan bahwa suatu benda yang dicelupkan dalam suatu fluida akan mengalami gaya ke atas sama dengan massa fluida yang dipindahkan oleh benda. Jadi dari teori Archimides tersebut dapat diterapkan untuk mencari densitas dengan persamaan rumus perhitungan seperti dibawah ini ([Barsoum, 2003](#)) :

$$\rho = \frac{m_{\text{udara}}}{(m_{\text{udara}} - m_{\text{fluida}}) / \rho_{\text{fluida}}} \quad 2.13$$

Keterangan :

m_{udara} : Massa spesimen di udara (gr)

m_{fluida} : Massa spesimen dalam fluida/air (gr)

ρ_{fluida} : Densitas fluida/air (gr/cm^3)

ρ : Densitas spesimen (gr/cm^3)