

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of The Art*

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Sosiati dkk., 2022) dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji dan cangkang telur yang digunakan sebagai penguat komposit dengan matriks epoxy. Fraksi berat yang digunakan yaitu limbah serbuk kayu 40% dan epoxy 60%, serta limbah serbuk kayu 30% dikombinasikan dengan limbah serbuk cangkang telur ayam 10% dan epoxy resin 60%. Hasil yang didapatkan dari pengujian sifat fisik dan mekanik yaitu dengan penambahan 10% serbuk cangkang telur menunjukkan kerapatan yang lebih tinggi dan sedikit meningkatkan regangan lentur dan kekakuan papan komposit. Sevinç & Durgun (2021) melakukan studi tentang komposit berbasis epoksi dengan serbuk cangkang telur, serbuk gergaji PVC, serbuk gergaji kayu dan vermikulit. Fraksi massa masing-masing bahan berbeda yaitu serbuk gergaji kayu dan PVC 40 gram, serbuk cangkang telur 50, 100 dan 200 gram, vermikulit 25 dan 50 gram, serta epoksi 115, 120 dan 125 gram. Pengujian fisik dan mekanik yang digunakan meliputi pengujian kerapatan, kekuatan lentur dan kekuatan tekan. Kerapatan tertinggi didapatkan pada komposisi serbuk cangkang telur sebesar 200 gram dan vermikulit 50 gram. Sehingga dapat disimpulkan kerapatan pada komposit akan semakin meningkat seiring penambahan serbuk cangkang telur. Nilai kekuatan lentur dan kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada komposisi serbuk cangkang telur 200 gram yaitu 0,54 Mpa dan 0,65 Mpa. Penambahan serbuk cangkang telur dapat meningkatkan nilai kekuatan lentur dan tekan pada komposit. Irnawan dkk., (2019) melakukan kajian ukuran serbuk komposit limbah cangkang telur dengan perbandingan 40% serbuk cangkang telur dan 60% resin BQTN 157. Pada penelitian ini didapatkan hasil ukuran *mesh* 180 memiliki ketangguhan impak tertinggi yaitu sebesar 6422,78 J/m².

Sutiawan dkk (2020) menyatakan bahwa papan partikel yang dibuat

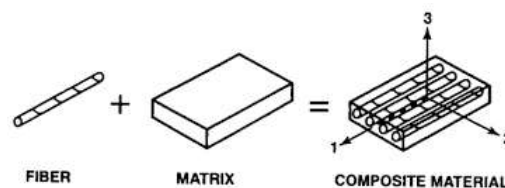
oleh 100% serbuk kayu sengon dengan perekat asam sitrat menghasilkan nilai kerapatan $0,78 \text{ g/cm}^3$, kadar air 7,4%, daya serap air 52,07%, pengembangan tebal 10%, keteguhan lentur 1749 N/mm^2 dan keteguhan patah 10 N/mm^2 . Fawaid dkk (2017) di dalam penelitiannya tentang pengaruh butiran filler kayu sengon dengan komposisi penyusunnya yaitu serat 15%, resin epoxy 15%, lem PVAc 20% dan serbuk kayu 50%. Dari hasil penelitian tersebut, nilai kekuatan lentur tertinggi terdapat pada butiran 18 mesh sebesar $1157,358 \text{ N/mm}^2$ dan terendah mesh 40 sebesar $734,358 \text{ N/mm}^2$. Nilai kekerasan tertinggi dari papan komposit dengan mesh 80 yaitu 21 N/mm^2 . Namun nilai tersebut masih kurang memenuhi nilai kekerasan papan partikel yang terdapat di pasaran yaitu 22 N/mm^2 . Syafitri dkk., (2022) melakukan penelitian papan partikel dengan komposisi antara serbuk kayu sengon dengan kulit biji kopi masing-masing 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, dan 25%:75%. Hasil uji sifat fisik yang didapatkan yaitu kerapatan $0.49\text{-}0.64 \text{ g/cm}^3$, kadar air 7.89%-9.01%, daya serap air 92.41-167.65%, dan pengembangan tebal 11.31%-59.9%.

Susanto dkk (2023) melakukan riset tentang perendaman bambu pada air laut dengan fraksi volume 30% serat bambu betung, 28% serbuk bambu betung, 2% seng, dan 40% resin epoxy. Dari riset ini diketahui bahwa nilai densitas yang didapatkan pada bambu tanpa perendaman $1,245 \text{ gr/cm}^3$. Hasil menarik lainnya kekerasan yang dihasilkan bambu tanpa perendaman memiliki nilai tertinggi yaitu 8,3 BHN. Penelitian tentang pengaruh perendaman NaOH serat bambu tali dengan fraksi volume serat 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan bending tertinggi terdapat pada fraksi volume serat bambu 40% masing masing sebesar 42 kN/mm^2 dan $15,4 \text{ kN/mm}^2$ (Kosjoko, 2014). Sunardi dkk (2022) meneliti rasio resin epoksi/PVAc dengan masing-masing variasi S1 (20/15), S2 (15/20), dan S3 (10/25). Kombinasi resin epoksi dan PVAc mencapai nilai tertinggi pada komposisi 20% resin epoksi dan 15% PVAc dengan nilai pengembangan tebal 4,1 % dan kekerasan 103,38 BHN. Maka dapat disimpulkan semakin tinggi resin epoksi maka akan semakin tinggi stabilitas dimensi dan kekerasan papan komposit.

2.2 Komposit

Komposit adalah hasil penggabungan dari dua atau lebih material yang bertujuan untuk memperoleh sifat fisik dan mekanik yang lebih unggul dari sifat masing-masing komponen penyusunnya (Mardhika & Rosa, 2016). Menurut Gibson (1994), komposit merupakan penggabungan dari material yang ditetapkan berdasarkan kombinasi sifat fisik material penyusun untuk menciptakan material baru dengan sifat yang lebih istimewa daripada material sebelumnya. Bahan komposit merupakan bahan gabungan yang terbentuk dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan komposisi yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain (Schwartz, 1984). Menurut Sirait (2010), material komposit menunjukkan sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan logam, memiliki kekuatan yang tinggi (*tairlorability*), daya tahan kekuatan lelah yang bagus (*fatigue*), serta kekuatan jenis (*strength*) dan kekakuan jenis modulus young yang lebih tinggi daripada logam. Selain itu, material komposit juga memiliki ketahanan terhadap korosi, sifat isolator panas dan suara serta penghambat listrik yang baik, dan dapat dijadikan untuk memperbaiki kerusakan akibat pembebanan dan korosi.

Komposit merupakan material hibrida antara resin polimer yang diperkuat serat dengan menggabungkan sifat fisik dan mekaniknya (Jones, 1999). Ilustrasi komposisi material komposit dengan unsur penyusun fiber dan resin dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposisi Material Komposit

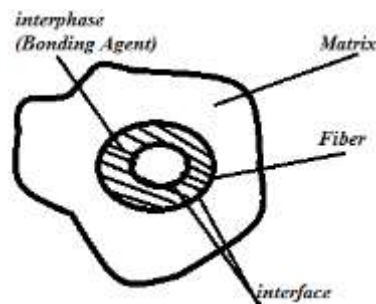
(Sumber: R. Jones, 1999)

2.3 Material Penyusun Komposit

Komposit terbentuk dari komponen penyusun yaitu matriks dan fiber. Perpaduan dua material yang berbeda dilakukan untuk menciptakan material baru yang mempunyai sifat dari material penyusunnya dimana

tidak akan diperoleh jika hanya material penyusun tersebut sendiri. Serat memiliki peran penting dalam memberikan kekuatan dan kekakuan pada komposit. Sementara itu, matriks berfungsi menjadi sumber kekuatan komposit, memberikan ketahanan terhadap suhu tinggi dan tegangan geser, serta bertindak untuk mendistribusikan beban.

Terdapat beberapa daerah akibat adanya dua atau lebih penyusun komposit, diantaranya matriks sebagai penyusun dengan dengan fraksi volume terbesar, penguat sebagai penahan beban utama, *interphase* sebagai perekat antara dua komponen penyusun, dan *interface* yaitu permukaan fase yang berbatasan langsung dengan fase lain. Ilustrasi struktur penyusun komposit dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Penyusun Komposit

(Sumber: R. Jones, 1999)

2.3.1 Matriks

Matriks merupakan salah satu material utama penyusun komposit yang mempunyai peran besar dalam fraksi volumenya (dominan) dan berfungsi sebagai pengikat serta pelindung pengisi (*filler*) dari ancaman kerusakan luar. Menurut Purnomo (2014) fungsi utama matriks yaitu untuk mengikat serat agar tidak berpindah posisinya dan melindungi serat dari pengaruh lingkungan luar. Pada material komposit, matriks memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam mengikat material penyusun, memperkuat struktur, mendistribusikan beban dan melindungi dari pengaruh faktor lingkungan (Hazmi, 2016). Matriks yang biasa digunakan pada komposit yaitu polimer.

Matriks dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, dan keramik Menurut (Gisbon, 1994) fungsi dari matriks antara lain:

1. Mengarahkan dan mendistribusikan tegangan ke *fiber*
2. Membentuk ikatan yang konsisten antar permukaan *fiber*
3. Melindungi *fiber* dari kerusakan akibat faktor lingkungan
4. Mengikat *fiber* menjadi satu kesatuan
5. Memberikan sifat seperti kekakuan, ketangguhan dan ketahanan listrik

Berdasarkan jenis matriks pada komposit dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: (Hull dkk, 1996)

1. Komposit Matriks Logam / *Metal Matrix Composite* (MMC)
Metal Matrix Composite (MMC) merupakan salah satu komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya. Penggunaan MMC ini mulanya tumbuh dan berkembang pada industri kedirgantaraan hingga industri otomotif. Contoh komposit matriks logam: *carbon reinforced aluminium*.
2. Komposit Matriks Polimer / *Polymer Matrix Composite* (PMC)
Polymer Matrix Composite (PMC) merupakan jenis komposit yang matriksnya menggunakan polimer. Keunggulan dari penggunaan polimer yaitu memiliki sifat yang tahan terhadap korosi dan bobot lebih ringan. Matriks polimer dibedakan menjadi 2 macam yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaan kedua polimer tersebut yaitu polimer termoset tidak dapat di daur ulang. Seperti: *epoxy, polyester, phenolic*. Sedangkan termoplastik dapat didaur ulang. Misalnya: *Polyamid, nylon, polysurface, polyether*. Contoh komposit matriks polimer: *carbon fiber reinforced polymer* dan *glass fiber reinforced polymer*.
3. Komposit Matriks Keramik / *Ceramic Matrix Composite* (CMC)
Ceramic Matrix Composite (CMC) merupakan tipe komposit yang matriksnya menggunakan material keramik. Penguat yang sering digunakan yaitu nitrit, oksida, dan karbida. Salah satu tahapan

dalam pembuatan CMC yaitu proses *dimox* yang merupakan proses penyusunan komposit dimana matriks keramik tumbuh disekitar serat pengisi dengan mengoksidasi logam peleburan.

Contoh komposit matriks keramik: *boron reinforced SiC*



Gambar 2.3 Matriks Resin Epoxy

(Sumber: Parulian, 2015)

2.3.2 Pengisi (*Filler*)

Pengisi/*filler* merupakan bahan yang memiliki peranan penting dalam menentukan sifat material komposit, berfungsi sebagai penguat dari matriks. *Filler* umumnya diklasifikasikan menjadi bahan alami dan bahan buatan (Palan dkk., 2018). Serat alam merupakan serat yang didapatkan dari alam, baik dari tumbuhan maupun hewan. Contohnya serat alam meliputi kapas, wol, sutera, sabut kelapa, bambu, dan sebagainya (Schwartz, 1984). Selain itu, berbagai jenis serat alam alternatif yang telah banyak dipelajari secara luas digunakan sebagai penguat komposit polimer. Beberapa contohnya yaitu serat jerami, jerami padi, serta rerumputan. Penggunaan *filler* dapat divariasikan yang memiliki keuntungan yaitu dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan, kekuatan basah, ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan abrasi, ketahanan terhadap benturan, penyusutan panas *exothermic*, stabilitas, dan *surface appearent*.



Gambar 2.4 Serbuk Kayu Sengon

(Sumber: Leto, 2021)

2.4 Papan Partikel

Papan partikel adalah salah satu jenis hasil komposit yang terdiri dari partikel-partikel material yang memiliki kandungan lignoselulosa, diikat dengan bahan perekat kemudian diberi pengempaan panas (Maloney, 1993). Secara umum, papan partikel memiliki bentuk yang datar dengan dimensi panjang, lebar, dan tipis sehingga dikenal dengan panel (Fathanah & Sofyana, 2013). Ukuran partikel yang membentuk papan partikel yaitu 0,5 – 1 in dengan tebal 0,010 – 0,015 in (Haygreen & Bowyer, 1996).

Dalam *standar designation* 1554-64 dan ASTM 1974 mengklasifikasikan papan partikel menjadi 3 kelompok yaitu :

1. Papan partikel kerapatan rendah (*low density particle board*) yaitu papan partikel yang memiliki kerapatan dibawah 37 lb/ft^3 atau dengan berat jenis kurang dari $0,59 \text{ g/cm}^3$.
2. Papan partikel kerapatan sedang (*medium density particle board*) yaitu papan partikel yang memiliki kerapatan antara $37 - 50 \text{ lb/ft}^3$ atau dengan berat jenis antara $0,59 - 0,80 \text{ g/cm}^3$.
3. Papan partikel kerapatan tinggi (*high density particle board*) yaitu papan partikel yang memiliki kerapatan diatas 50 lb/ft^3 atau dengan berat jenis lebih dari $0,80 \text{ g/cm}^3$.

Dalam menetapkan klasifikasi mutu papan partikel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan standar SNI 03-2105-2006. Selain itu, standar tersebut juga dijadikan sebagai acuan dalam menentukan kualitas dari papan partikel. Nilai sifat fisik dan mekanik dari papan partikel berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel pada SNI-03-2105-2006

No	Sifat Fisik dan Mekanik	Persyaratan Nilai
1.	Kadar Air (%)	< 14
2.	Kerapatan (gr/cm^3)	0,40 – 0,90
3.	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
4.	Keteguhan Lentur (MOR) (kgf/cm^2)	Min 82
5.	Modulus Elastisitas (MOE) (10^4 kgf/cm^2)	Min 2,04
6.	Kuat Rekat Internal (Kg/cm^2)	Maks 1,5
7.	Kuat Pegang Sekrup (Kg)	Min 30

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2006

2.5 Proses Kompaksi

Proses kompaksi merupakan proses pemadatan serbuk sehingga serbuk tersebut akan saling melekat satu sama lain sementara rongga udara antar partikel tersebut akan terdesak ke luar. Peningkatan tekanan kompaksi akan berakibat meningkatnya densitas dan menurunnya porositas, walaupun porositas tidak akan mencapai nilai nol (Fawaid & Hamdi, 2013). Hasil dari proses kompaksi umumnya dikenal dengan sebutan *green body*. Berdasarkan prosesnya kompaksi dapat dibagi menjadi dua antara lain:

1. *Hot Compaction* (kompaksi dengan menggunakan temperatur)

Hot compaction atau penekanan panas merupakan salah satu metode kompaksi yang menggunakan pemanasan diatas temperatur ruangan atau temperatur yang relatif tinggi.

2. *Cold Compaction* (kompaksi tanpa menggunakan temperatur)

Cold compaction atau dikenal dengan penekanan dingin merupakan proses pemadatan serbuk yang menggunakan temperatur ruang dengan tekanan sekitar 100 – 900 Mpa yang bertujuan untuk menghasilkan *green body*.

Bentuk partikel serbuk, distribusi ukuran partikel, kehalusan partikel serta kemampuan alir partikel serbuk merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi papan partikel saat proses kompaksi. Proses kompaksi bisa

dilakukan dengan satu atau dua arah sumbu. Secara umum, banyak proses penekanan menggunakan penekan atas dan bawah. Kompaksi dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu *single punch*, *double punches*, dan *multiple punches*. Penekan bawah digunakan untuk mengeluarkan produk dari cetakan. Permukaan dalam cetakan perlu dijaga tetap halus agar dapat mengurangi gesekan yang terjadi.



Gambar 2.5 Jenis-jenis Penekanan

(Sumber: Kalpakjian, 2003)

2.6 Bahan Penyusun Papan Partikel

2.6.1 Kayu Sengon

Pohon sengon merupakan salah satu jenis pohon dengan tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Keunggulan pohon sengon juga terletak pada kemampuannya yang dapat tumbuh diberbagai tempat mulai dari pantai hingga ketinggian 1600 m dpl. Umumnya, pohon sengon memiliki ketinggian rata-rata berkisar antara 30 - 45 meter dengan diameter batang sekitar 70 - 80 cm dan bobot kayu sengon sendiri berkisar 0,33. Daun pohon sengon bersifat majemuk dan memiliki panjang yang dapat mencapai 40 cm, dimana satu tangkainya terdiri dari 15 - 25 daun berbentuk lonjong. Komposisi kimia kayu sengon dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Kayu Sengon (*Albizia Falcataria (L.) Fosberg*)

No	Sifat Kimia (%)	Posisi Ketinggian Pohon		
		Pangkal	Tengah	Ujung
1	Ekstraktif	2.342567	3.506619	3.83052
2	Lignin	23.77776	22.85714	16.69392
3	Holoseulosa	76.03634	88.33281	69.16934
4	Alpha Selulosa	61.55661	74.21378	57.11835

Sumber : Ramadhan dkk, 2018

2.6.2 Bambu Betung

Bambu betung dikenal dengan nama ilmiah *dendrocalamus asper* merupakan bambu yang biasa dimanfaatkan sebagai bahan pembangunan kontruksi rumah maupun jembatan. Bambu betung memiliki kemampuan tumbuh pada dataran rendah hingga dataran tinggi, bahkan mencapai ketinggian 2000 meter dari permukaan laut. Bambu betung memiliki warna kulit batang yang hijau kekuningan dengan panjang 14 m. Ruas setiap batang memiliki ukuran sebesar 50-70 cm dengan diameter 6-17 cm serta tebal lapisan dinding bambu sebesar 10-15 mm (Morisci, 1999). Bambu ini memiliki kekuatan yang cukup bagus karena memiliki kerapatan $0,7 \text{ g/cm}^3$, kekakuan patahan 187 kg/cm^2 , modulus elastisitas 25 kg/cm^3 dan keteguhan rekat internal 3,71 (Sulastiningsih dkk., 2006).

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*)

No	Komposisi Kimia	Kadar (%)
1.	Selulosa	42,4 – 53,6
2.	Lignin	19,8 – 26,6
3.	Pentosan	1,24 – 3,77
4.	Silika	0,1 – 1,78
5.	Abu	1,24 – 3,77

Sumber : Krisdianto dkk, 2000

2.6.3 Cangkang Telur

Cangkang telur adalah salah satu bagian terluar dari telur yang

berperan sebagai pelindung utama bagian isi telur dari potensi kerusakan secara fisik, kimia maupun mikrobiologis. Menurut Yuliani, dkk (2018) menyatakan bahwa kandungan kalsium yang terdapat pada cangkang telur ayam yaitu sekitar 87,8%. Cangkang telur ayam ras memiliki kadar kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 98,43% yang lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang telur ayam kampung 71,11% dan cangkang telur bebek 75,12% (Puspita, 2017) . Kandungan CaCO_3 yang tinggi pada cangkang telur sebesar (>90%) memiliki kompatibilitas yang baik dengan resin epoksi dan dapat meningkatkan kekuatan mekanik komposit (Owuamanam & Cree, 2020; Puspitasari dkk., 2020).

2.6.4 Polyvinyl Acetate (PVAc)

Polyvinyl Acetate (PVAc) yaitu salah satu jenis polimer termoplastik yang terbentuk dari polimerisasi monomer *vinyl-acetate* dengan metode polimerisasi massa, polimerisasi larutan, atau polimerisasi emulsi. Menurut Pizzi (1983), perekat PVAc umumnya digunakan dalam pembuatan papan partikel dikarenakan memiliki kemampuan untuk meningkatkan keteguhan rekat secara signifikan. Penggunaan PVAc memiliki keunggulan dibandingkan dengan perekat UF karena dapat menghasilkan kekuatan ikatan yang lebih cepat pada suhu ruangan. Selain itu, perekat PVAc juga memiliki kelebihan seperti umur simpan yang lama, tahan terhadap mikroorganisme, tekanan kompaksi yang rendah, tidak meninggalkan bercak noda pada kayu. Namun, terdapat beberapa kekurangan polivinil asetat yaitu rentan terhadap air, kekuatan perekatnya akan menurun seiring dengan adanya panas dan air, serta elastisitas yang rendah (Ruhendi dkk., 2007).

2.6.5 Resin Epoxy

Resin adalah getah yang disekresikan oleh berbagai jenis tumbuhan dan merupakan produk limbah metabolisme. Resin epoxy adalah polimer termosetting yang mengandung satu atau lebih gugus epoksida dalam molekulnya. Resin epoxy yang biasa digunakan yaitu

epoksi yang berbahan dasar dari nolovac. Dalam pemilihan epoxy yang digunakan berdasarkan atas kemampuan adesif, permeabilitas, kemurnian yang tinggi dan tahan terhadap korosi serta tekanan.

Tabel 2.4 Sifat-sifat Resin Epoxy

Item	Standar Nilai
Massa Jenis (kg/m ³)	1200
Modulus Elastisitas (Mpa)	4500
Modulus Geser (Mpa)	1600
Rasio Poisson (V)	0,4
Daya Tarik (Mpa)	130
Elongasi (%)	2 (100°C)
	6 (100°C)
Koefisien Ekspansi (°C ⁻¹)	11 x 10 ⁻⁵
Koefisien Konduktivitas (W/m°C)	0,2
Kapasitas Panas (J/kg°C)	1000

Sumber : Purnomo, 2014

2.7 Proses Pengujian

2.7.1 Uji Densitas dan Porositas

Pengujian densitas merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kerapatan massa dari papan partikel dengan menimbang berat sampel kering dan membaginya dengan volume sampel. Sedangkan porositas dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak udara yang terjebak dalam papan partikel Nilai kerapatan dan porositas papan partikel dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{m_k}{V} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

ρ = Kerapatan (g/cm³)

m_k = Massa Sampel Kering (g)

V = Volume Sampel (cm³)

$$P(\%) = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

P = Porositas Sampel Uji (%)

mk = Masa Sampel Kering (g)

mb = Massa Sampel Basah (g)

2.7.2 Uji Pengembangan Tebal

Uji pengembangan tebal merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat fisik yang terdapat pada papan partikel. Hal ini bertujuan untuk mencegah menyerapnya air kedalam pori-pori papan partikel. Perhitungan didasarkan pada selisih ketebalan sebelum (T_1) dan setelah perendaman dengan air selama 24 jam kemudian diukur pengembangan tebal (T_2). Perhitungan nilai pengembangan tebal dengan menggunakan rumus:

$$TS (\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

TS = Pengembangan Tebal (%)

T_1 = Tebal Sebelum Perendaman (mm)

T_2 = Tebal Sesudah Perendaman (mm)

2.7.3 Uji Daya Serapan Air

Pengujian daya serap air merupakan salah satu pengujian fisik material komposit yang bertujuan untuk memahami kemampuan komposit dalam menyerap air. Kekuatan dari komposit akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah rongga udara yang terdapat pada komposit tersebut (Hermawan dkk, 2017). Untuk menentukan daya serap air dapat digunakan rumus sesuai standar SNI 03-2105-2006 berikut ini:

$$DSA = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

DSA = Daya Serap Air (%)

B_1 = Berat Sebelum Perendaman (g)

B_2 = Berat Setelah Perendaman (g)

2.7.4 Uji Koefisien Pengembangan Volumetrik

Uji koefisien pengembangan volume dilakukan untuk mengetahui pengembangan volume dari komposit sebelum perendaman dan setelah perendaman. Pengembangan volume dapat dipengaruhi oleh kadar air, kerapatan, struktur anatomi, ekstraktif, dan komposisi kimia (Troumis, 1991). Nilai dari koefisien pengembangan volumetrik dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- S = Koefisien Pengembangan Volume (%)
- V_1 = Volume Sebelum Perendaman (cm^3)
- V_2 = Volume Setelah Perendaman (cm^3)

2.7.5 Uji Kekuatan Bending

Pengujian kekuatan bending merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat mekanis dari papan partikel. Pengujian kekuatan bending ini mengacu pada standar ASTM D790. Pengujian kekuatan bending dilakukan dengan meletakkan batang spesimen pada dua tumpuan lalu diberikan beban yang berpusat ditengah tumpuan atau biasa dengan disebut metode *three point bending*. Nilai modulus patah (MOR) dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

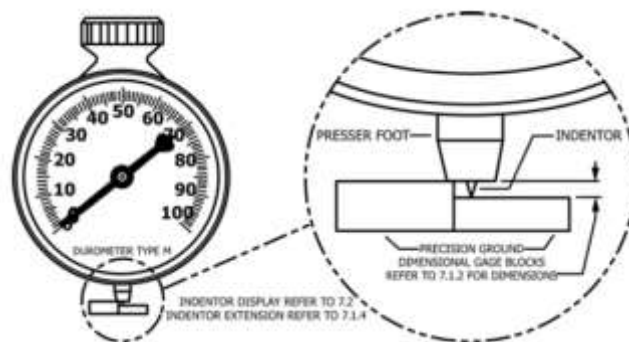
Keterangan:

- MOR = *Modulus Of Rupture* (kg/cm^2)
- P = Beban Maksimum (kg)
- L = Jarak Sangga (cm)
- b = Lebar Contoh Uji (cm)
- h = Tebal Contoh Uji (cm)

2.7.6 Uji Kekerasan Shore D

Kekerasan merupakan sifat mekanik suatu material dalam menahan beban pada permukaannya. Pengujian kekerasan ini menggunakan uji shore. Dalam pengujian polimer terbagi menjadi dua

skala pengukuran, yaitu shore D yang digunakan untuk polimer keras sedangkan shore A untuk polimer lembut. Uji kekerasan shore D dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material dengan cara menguji ketahanannya terhadap penetrasi bahan yang lebih keras dengan bentuk dan gaya tertentu. Standar yang digunakan pada alat uji durometer shore D merujuk pada standar ASTM D2240. Berdasarkan standar tersebut spesimen uji memiliki panjang 80 mm, lebar 70 mm dan tebal 6 mm.



Gambar 2.6 Pengujian Kekerasan Shore D

(Sumber: ASTM 2240-15, 2017)

2.7.7 Pengamatan Struktur Makro

Pengamatan struktur makro adalah pengamatan yang bertujuan untuk mengetahui bentuk patahan yang terjadi pada spesimen uji komposit akibat dari pengujian bending. Selain itu, pengamatan tersebut juga bertujuan untuk mengetahui rongga (*void*) yang terdapat pada komposit. Dalam pengamatan struktur makro ini menggunakan alat berupa mikroskop optik.



Gambar 2.7 Pengamatan Struktur Mikro

2.8 Analisis Teknik Pembobotan

Dalam metode pembobotan, masalah multi respon akan diubah menjadi masalah respon tunggal. Respon terbobot digunakan untuk mencari *Multi Response Performance Index*. Level optimal untuk parameter ditentukan berdasarkan rata-rata respon diatas rata-rata maksimum. Berikut persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai bobot dan *Multi Response Performance Index* (MRPI):

1. *Larger The Better*

$$W_{TS} = \frac{TS}{\Sigma TS} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan: W_{TS} = Bobot Data

TS = Data Hasil Pengujian

ΣTS = Total Data Hasil Pengujian

2. *Smaller The Better*

$$W_{SR} = \frac{1/SR}{\Sigma 1/SR} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan: W_{SR} = Bobot Data

1/SR = Data Hasil Pengujian

$\Sigma 1/SR$ = Total Data Hasil Pengujian

3. *Multi Response Performance Index* (MRPI)

$$MRPI = W_1 Y_{11} + W_2 Y_{12} + \dots + W_i Y_j \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan: MRPI = *Multi Response Performance Index*

W_i = Bobot Data Ke-i

Y_j = Data Hasil Pengujian Ke-j