

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Material komposit (yaitu HGM 16%, epoxy 76.5%, limbah filter rokok 7.5%) ini sebagai material dasar dalam pembuatan cangkang helm. Proses pengujian yang dilakukan yaitu pengujian uji dampak charpy dengan ketebalan spesimen yang berbeda (3 mm, 4 mm, 5 mm). Berdasarkan penelitian ini dengan ketebalan 3 mm didapatkan hasil kekuatan dampak rata-rata paling tinggi dibandingkan dengan spesimen ketebalan yang lain yaitu 0.02868 J/mm^2 , pada ketebalan 4 mm yaitu 0.01628 J/mm^2 , pada ketebalan 5 mm yaitu 0.01025 J/mm^2 . Pada pengujian ini dibandingkan dengan hasil pengujian kekuatan dampak helm SNI sebesar 0.00972 J/mm^2 maka semua spesimen lulus uji material untuk helm SNI (Mayleni dkk., 2021).

Sampah plastik dan kaca bekas dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk menciptakan genteng komposit. Temuan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa penggunaan limbah plastik dan kaca sebagai bahan dalam pembuatan genteng komposit memenuhi standar SNI 0096-2007. Berdasarkan pengujian penyerapan air, rata-rata penyerapan air dari berbagai variasi campuran bahan uji hanya sekitar 0.5%, jauh di bawah batas standar SNI yang adalah 10%. Selain itu, tidak ada kebocoran yang terdeteksi pada pengujian impermeabilitas bahan uji. Namun, perlu dicatat bahwa hasil pengujian penyerapan panas menunjukkan bahwa variasi campuran IV (80% plastik : 20% kaca) memiliki penyerapan panas sebesar 77.63%, melebihi batas standar sifat fisika untuk bahan bangunan yang seharusnya 75%. Sementara itu, variasi campuran I, II, III, dan V telah memenuhi persyaratan sifat fisika standar untuk bahan bangunan. Dalam uji beban lentur, semua variasi campuran bahan uji memenuhi standar SNI, dengan variasi ke-III memiliki nilai beban lentur tertinggi sebesar 6355.31 (Jalil dan Winarno, 2018).

Puntung rokok adalah salah satu limbah umum di planet ini dan tidak dapat terurai secara hayati, sehingga tetap berada di tanah selama bertahun-tahun. Komposisi puntung rokok membuatnya cocok untuk ditambahkan dalam

pembuatan bahan konstruksi. Hasil ini menunjukkan karakterisasi komposit gipsum yang mengandung limbah puntung rokok. Beberapa spesimen gipsum disiapkan dengan menggabungkan persentase limbah puntung rokok yang berbeda (0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% dan 2.5%). Sampel diuji kepadatan, kekerasan superfisial, kekuatan lentur dan tekan, kekuatan ikatan dan kinerja akustik. Hasil menunjukkan bahwa dimungkinkan untuk menambahkan puntung rokok ke dalam *matriks* gipsum, menghasilkan perilaku mekanis yang lebih baik daripada gipsum tradisional (Morales-segura dkk., 2020).

Fajri (2017) melakukan penelitian bertujuan Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh variasi komposisi dalam komposit kapas dari puntung rokok dengan fraksi volume sebagai berikut: 70% serat dan 30% resin, 60% serat dan 40% resin, 50% serat dan 50% resin, 40% serat dan 60% resin, serta 30% serat dan 70% resin. Perlakuan alkali (NaOH) dilakukan selama 15 menit, kemudian diikuti dengan pembilasan menggunakan air bersih dan pengeringan, untuk selanjutnya dilakukan pengujian bending berdasarkan standar ASTM D790. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat, maka nilai kekuatan bendingnya juga meningkat. Pada fraksi volume 70% serat dan 30% resin, ditemukan nilai kekuatan bending tertinggi, dengan *Modulus Of Rupture* (MOR) mencapai 76 N/mm² dan Modulus Elastisitas sebesar 4970.5 N/mm².

Proses pengembangan material polimer komposit ini melibatkan penguatan dengan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan filter rokok, sedangkan poliester resin tak jenuh dan katalis berfungsi sebagai pengikat. Dalam pengembangan ini, dilakukan perbandingan variasi persentase antara penguat dan pengikat dalam empat variasi komposisi, yaitu A, B, C, dan D, dengan mengacu pada standar ASTM D695-96. Hasil pengujian menunjukkan urutan kekuatan tekannya sebagai berikut: Spesimen A, C, B, dan D memiliki kekuatan tekannya masing-masing sebesar 1502.62 Kgf/mm², 1602.60 Kgf/mm², 1684.70 Kgf/mm², dan 1713.22 Kgf/mm². Spesimen uji dalam variasi D menunjukkan sifat kuat tekan yang paling baik dibandingkan tiga variasi lainnya. Penambahan penguat pada komposisi material komposit memperlihatkan peningkatan nilai kekuatan tekannya (Lubis dkk., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh fraksi serat filter rokok terhadap kekuatan tarik dan dampak dalam matriks poliester. Penelitian menggunakan tiga variasi fraksi volume: 60% matriks dan 40% serat, 55% matriks dan 45% serat, serta 50% matriks dan 50% serat. Serat yang digunakan adalah serat filter rokok (selulosa asetat). Pengujian dilakukan dengan mengikuti standar ASTM D-638 untuk uji tarik dan ASTM D 256-00 untuk uji dampak. Hasil patahan rata-rata yang paling maksimal terjadi pada komposit yang menggunakan fraksi matriks dan serat sebanyak 60% : 40%. Pada uji tarik, ditemukan nilai kekuatan tarik sebesar 14.10 MPa, dan pada uji dampak, diperoleh nilai 0.0139 (J/mm²). Hasil ini dapat dijelaskan oleh campuran yang homogen dan mampu menutupi pori-pori pada serat, sehingga membuat material menjadi lebih kuat. Di sisi lain, pada campuran dengan fraksi matriks dan serat sebanyak 50% : 50%, nilai kekuatan tarik dan dampak paling rendah, yang disebabkan oleh ketidakmerataan campuran dan kurangnya penggabungan yang baik antara matriks dan serat, mengakibatkan pori-pori pada serat tidak tercampur dengan sempurna (Rifky dan Boy, 2021).

Penelitian ini telah menghasilkan komposit berbahan dasar limbah kaca dengan menggunakan perekat *polimer polyurethane* (PU). Komposit ini menunjukkan kuat tekan sebesar 36 MPa, dengan fraksi optimum perekat sebesar 30% berat. Jenis perekat lainnya, seperti polimer *poly(vinyl) acetate* (PVAc) dan semen, diuji untuk melihat efektivitas perekat yang telah digunakan. Komposit yang menggunakan perekat PVAc dan semen memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan perekat polimer PU, yakni sekitar 10 MPa. Keberhasilan perekat polimer PU dalam komposit ini didasarkan pada terbentuknya gugus fungsi urethane yang mampu berinteraksi dengan material silika yang dominan dalam limbah kaca. Perekat polimer PU memiliki lebih banyak kontak dengan partikel-partikel limbah kaca dibandingkan dengan perekat PVAc dan semen. Kuantitas kontak ini berperan penting dalam menentukan kuat tekan komposit. Hasil ini sesuai dengan estimasi persamaan fitting dari data pengukuran kuat tekan yang menunjukkan bahwa perekat polimer PU memiliki daya adhesif yang lebih baik. Selain itu, banyaknya kontak perekat dengan partikel limbah kaca juga mempengaruhi porositas komposit. Komposit dengan perekat polimer PU

yang memiliki kontak partikel yang tinggi cenderung memiliki porositas yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan komposit yang menggunakan perekat polimer PVAc dan semen. Oleh karena itu, komposit dengan perekat polimer PU menunjukkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan kedua alternatif perekat lainnya (Aji dkk., 2018).

Penelitian ini mempelajari dampak dari variasi suhu *sintering* dan komposisi material terhadap kekerasan dan kuat tekan dari komposit. Tahap awal penelitian melibatkan penghancuran bahan padat hingga mencapai ukuran *mesh* 100. Selanjutnya, serbuk-serbuk tersebut dicampur dan dicetak dengan beban tekanan sebesar 7 ton. Tahap terakhir melibatkan proses *sintering* spesimen pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 390°C, 490°C, dan 590°C, dengan waktu penahanan selama 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yang terukur adalah sekitar 60 HRF, sementara nilai kuat tekan maksimum mencapai sekitar 235.59 MPa. Pengamatan struktur makro menunjukkan adanya porositas yang lebih besar pada spesimen yang memiliki sifat mekanik yang lebih rendah. Variasi suhu *sintering* memiliki dampak positif yang berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekerasan dan kuat tekan. Di sisi lain, variasi komposisi bahan mempengaruhi hasil pengujian sifat mekanik dengan kecenderungan yang berbanding terbalik tergantung pada persentase penambahan serbuk kaca. Dalam kesimpulan, suhu *sintering* dan komposisi material merupakan faktor penting dalam menentukan sifat mekanik komposit, dengan suhu *sintering* yang lebih tinggi memberikan peningkatan dalam kekerasan dan kuat tekan, sementara variasi komposisi bahan dapat mempengaruhi sifat mekanik tergantung pada jumlah serbuk kaca yang ditambahkan (Triadi, 2022).

Penelitian ini membahas tentang kekuatan tarik dari komposit serat karbon dengan matrik resin epoxy yang dibuat menggunakan tiga metode yang berbeda: *bladder compression molding* (BCM), *vacuum bagging*, dan *hand lay-up*. Proses manufaktur adalah bagian penting dalam pembuatan komposit, dan hasilnya akan dibandingkan untuk melihat perbedaan dalam kekuatan tarik. Metode *bladder compression molding* (BCM) digunakan dalam pembentukan komposit serat karbon. Teknik ini melibatkan penggunaan bantalan yang membentuk kantung

udara (*bladder*) untuk mengaplikasikan tekanan secara merata ke seluruh permukaan komposit selama proses pengerasan. Hasilnya, komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit yang dibentuk dengan metode BCM memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada komposit dengan metode *vacuum bagging*. Kekuatan tarik dari komposit dengan metode BCM mengalami peningkatan sebesar 17,48% dibandingkan dengan komposit yang dibuat dengan metode *vacuum bagging*. Sebagai informasi, komposit dengan metode *vacuum bagging* memiliki kekuatan tarik sekitar 515 MPa. Dengan demikian, pembentukan komposit serat karbon menggunakan metode *bladder compression molding* (BCM) merupakan pendekatan yang lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan tarik komposit jika dibandingkan dengan metode *vacuum bagging*. Hal ini menunjukkan pentingnya pemilihan metode dalam mempengaruhi kinerja mekanik dari komposit serat karbon (Nugroho dan Wantogia, 2019).

Tabel 2.1 Literature Review

No	Penulis	Metode	Hasil
1	Iwan dan Gardijito (2019)	Pengecoran	Pengujian kuat tekan beton dengan campuran agregat kasar limbah puntung rokok hanya mencapai K-100,44 dengan nilai kuat tekan tertinggi mencapai K-115,56
2	Wantogia (2019)	BCM	<i>Bladder compression moulding</i> (BCM) menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding dengan pembentukan komposit serat karbon dengan metode <i>vacuum bagging</i> .
3	Ismail dkk (2017)	Pengecoran	Variasi komposisi antara <i>filler</i> dan matrik <i>polyester</i> mempengaruhi kekuatan <i>bending</i> material papan komposit dengan semakin besar variasi komposisi serat puntung rokok terhadap matrik <i>polyester</i> , maka nilai kekuatan <i>bending</i> komposit akan semakin baik.
4	Lubis dkk (2017)	Pengecoran	Penambahan perbandingan persentase yang sama antara penguat dan pengikat terdapat nilai penambahan kuat tekannya.
5	Rizaldi dan Rollastin (2021)	Pengecoran	Material komposit berpenguat serat filter rokok, pada uji tarik didapatkan hasil terbaik yaitu 14.10 Mpa pada campuran matrik dan

No	Penulis	Metode	Hasil
			serat sebesar 60%:40%, dan pada uji dampak didapatkan hasil terbaik yaitu 0.0139 J/mm ² pada campuran matrik dan serat 60%:40%.
6	Aji dkk (2017)	Filtrasi	Komposit yang dihasilkan dengan teknik pencampuran sederhana memiliki kuat tekan optimum pada orde 36 MPa, yaitu komposit dengan fraksi perekat polimer PU 30 wt%.
7	Alit dkk (2022)	Metalurgi Serbuk	Variasi komposisi bahan memiliki pengaruh yang berbanding terbalik terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tekan komposit jika ditinjau dari persen penambahan serbuk kaca
8	Sucipto dan Sari (2020)	Pengecoran	Campuran dengan menggunakan <i>filler</i> serbuk kaca sebanyak 3% pada KOA 6.53% dan KOA 7.03% menghasilkan campuran dengan tingkat stabilitas dan <i>Flow</i> yang lebih rendah dari aspal konvensional.
9	Iqbal dan Gati (2020)	Pengecoran	Penggunaan abu sekam padi 10% sebagai pengganti sebagian semen dan variasi penggunaan serbuk kaca (0%,10%, 20%, dan 30%) terhadap pengaruh kuat tekan beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton dari pada beton normal.
10	Muharram dan Walujodjati (2022)	Pengecoran	Nilai kuat tekan beton berturut-turut pada campuran 1 yaitu <i>fly ash</i> 15% dan limbah kaca 5%, campuran 2 yaitu <i>fly ash</i> 15% dan limbah kaca 15%, campuran 3 yaitu <i>fly ash</i> 25% dan limbah kaca 5%, campuran 4 yaitu <i>fly ash</i> 25% dan limbah kaca 15% adalah sebesar 10.57 MPa, 11.61 MPa, 10.28 MPa, dan 9.53 MPa.
11	Aji dan Supriyanto (2021)	Metalurgi Serbuk	Pengujian kekerasan pada material komposit aluminium silikon memiliki nilai kekerasan 28.78 HVN untuk komposisi Al 100%:0 % Si, kekerasan 36,04 HVN pada komposisi Al 80%:20% Si, dan memiliki kekerasan 46.74 HVN pada komposisi Al 70%:30% Si.
12	Mulyanti dkk (2022)	<i>Hot press</i>	Nilai laju keausan terendah dan nilai kekerasan yang tertinggi diperoleh pada sampel material dengan komposisi 35% serbuk kaca, 35% serbuk aluminium, dan 30% resin. Jumlah serbuk kaca yang besar tidak membuat material menjadi lebih keras.
13	Winarno (2018)	Pengecoran	Pemanfaatan sampah plastik dan kaca bekas sebagai bahan dasar pembuatan genteng komposit menunjukkan campuran optimum

No	Penulis	Metode	Hasil
			dalam pengujian sifat mekanis yang telah memenuhi serta lolos persyaratan SNI-0096- 2007 adalah variasi campuran III dengan komposisi perbandingan campuran plastik: kaca (85% : 15%), tidak terjadi rembesan.
14	Lubis (2021)	<i>Hand lay up</i>	Kenaikan persentase penguatan secara langsung sebanding dengan nilai tegangan dan regangan yang dihasilkan.
15	Segura dkk (2020)	<i>Hand lay up</i>	Karakterisasi komposit gipsum yang mengandung limbah puntung rokok. Beberapa spesimen gipsum disiapkan dengan menggabungkan persentase limbah puntung rokok yang berbeda (0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% dan 2.5%). Hasil menunjukkan bahwa dimungkinkan untuk menambahkan puntung rokok ke dalam matrik gypsum, menghasilkan perilaku mekanis yang lebih baik daripada gipsum tradisional.
16	Veerabagu dkk (2021)	<i>Hand lay up</i>	Komposit karbon Pd baru yang berasal dari CB sebagai katalis heterogen untuk reaksi kopling silang Suzuki-Miyaura. Karbon yang berasal dari puntung rokok sangat berpori dan memiliki luas permukaan yang tinggi, yang secara efektif meningkatkan dispersi partikel nano Pd dan menstabilkannya dalam karbon berpori selama beberapa siklus katalitik tanpa agregasi atau pencucian yang jelas.

Berdasarkan *literature review* pada Tabel 2.1 beberapa penelitian hanya menjadikan filter rokok menjadi bahan dasar bersama resin *polyester*. Penelitian yang dilakukan Mayleni dkk (2021) membuat cangkang helm menggunakan filter rokok dengan spesimen ketebalan 3 mm, 4mm, 5mm lulus uji material untuk helm SNI. Campuran sampah plastik dan kaca bekas sebagai bahan dasar genteng komposit memenuhi SNI 0096-2007 dengan penggunaan serbuk kaca pada ukuran mesh 100 dan 120 meningkatkan kekuatan mekanik dari genteng komposit (Triadi, 2022). Pada penelitian ini penggunaan filter rokok yang memiliki bahan dasar kapas ringan, berpori dan mudah menyerap sebagai serat dengan bahan campuran serbuk kaca sebagai *filler* yang memiliki sifat unggul berupa titik lebur tinggi dan sifat mekanik kuat untuk menutupi rongga pori pada serat, menjadikan limbah dari kaca tersebut memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan dasar komposit.

Menggabungkan dua jenis material dengan sifat mekanik kuat diharapkan dapat menghasilkan komposit dengan kekuatan mekanik yang kuat juga.

Metode *design of experiment* yang digunakan adalah *fractional factorial design*, dikarenakan metode dapat digunakan untuk mengetahui *main effect* untuk setiap parameter independent dan efek interaksi antar parameter terhadap respons. Sehingga metode *fractional factorial design* dapat digunakan sebagai metode *design of experiment* pada penelitian ini. Parameter yang diteliti adalah jumlah dari resin *polyester*, serbuk kaca dan filter rokok.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Komposit

Komposit adalah sistem material yang terdiri dari dua atau lebih bahan dengan sifat yang berbeda, yang bekerja secara bersama-sama. Komposit terdiri dari serat sebagai material penopang yang membentuk struktur komposit, dan matrik yang bertugas untuk mengikat serat dan menjaga posisi serat tersebut. Matrik juga memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan bentuk yang diinginkan, baik melalui pemotongan atau cetakan sesuai dengan desain yang diperlukan. Selain itu, cara pengaturan lapisan serat dalam komposit juga berpengaruh terhadap sifat-sifat komposit yang dihasilkan. Dengan mengubah susunan dan orientasi serat, kita dapat mengubah karakteristik mekanis dan fungsional dari komposit tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa komposit adalah material yang dapat disesuaikan dengan berbagai keperluan desain, tergantung pada bagaimana serat dan matrik diatur dalam struktur kompositnya (Yoggie, 2022). Apabila tiap arah seratnya menyebar maka kekuatannya akan menyebar ke segala arah sehingga kekuatan mekanisnya akan meningkat. Sebaliknya semakin acak orientasi seratnya maka sifat mekanik pada satu arahnya akan semakin melemah (Kuncoro, 2015). Penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat atau serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi massa serat (m_f) (Wona dkk., 2015).

Komposit adalah struktur material yang terbentuk pada skala makroskopik dan menggabungkan secara fisik. Jenis bahan yang membentuk komposit dapat dikelompokkan ke dalam empat bagian, yaitu: matriks, material penguat (*reinforcement*), material pengisi (*filler*), dan material penambah (*additive*). Aplikasi dan penggunaan komposit yang diperkuat dengan serat telah tersebar luas di berbagai industri. Fenomena ini mencerminkan perkembangan pesat dari material komposit karena memiliki sifat unggulan, seperti isolasi yang baik (Suharson, 2017).

1. Komposit Serat

Komposit serat memang mengandalkan serat sebagai penguat utama dalam struktur materialnya. Serat ini berasal dari berbagai jenis material seperti serat kaca, serat karbon, serat aramid, dan banyak lagi. Pentingnya sifat-sifat mekanik serat dalam menentukan kekuatan komposit tidak bisa diabaikan. Saat komposit menerima tegangan, matriks awalnya akan menahan sebagian beban, tetapi beban ini kemudian diteruskan ke serat sebagai penguat utama. Oleh karena itu, serat dalam komposit harus memiliki karakteristik yang lebih unggul daripada matriknya. Ini termasuk tegangan tarik (*tensile strength*) dan *modulus elastisitas* yang lebih tinggi daripada matrik (Mulyo dan Yudiono, 2019)

2. Komposit Laminat

Komposit ini terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digabung menjadi satu, dan setiap lapisan memiliki karakteristik sifat sendiri. Lapisan-lapisan ini dapat terbuat dari berbagai jenis material yang berbeda, seperti serat karbon, serat kaca, logam, keramik, atau bahan lainnya, yang kemudian disatukan dalam satu matrik (Asri, 2019).

3. Komposit Partikel

Merupakan komposit yang berpenguat partikel atau disebut juga komposit berpartikel. Komposit ini menggunakan partikel serbuk sebagai bahan penguat yang tersebar secara merata dalam matriknya. Partikel penguat ini memiliki dimensi yang hampir seragam, seperti bentuk bulat serpih, balok,

atau bentuk lainnya yang memiliki sumbu yang hampir sama (Mulyo dan Yudiono, 2019).

4. Komposit Serpihan

Komposit serpihan adalah jenis komposit yang terdiri dari serpihan-serpihan kecil yang saling menahan, baik dengan ikatan di permukaannya atau dimasukkan ke dalam matriks. "Serpihan" dalam konteks ini mengacu pada partikel-partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya, biasanya dihasilkan melalui peralatan khusus yang memberikan orientasi serat sejajar permukaannya (Asri, 2019).

2.2.2 Unsur Pembentuk Komposit

1. Serat bertugas untuk menanggung beban yang awalnya diterima oleh matrik, kemudian diteruskan ke serat. Oleh karena itu, serat harus memiliki kekuatan tarik dan elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik. Terdapat dua jenis serat secara umum: serat alam dan serat sintetis. Selain itu, ada potensi untuk memanfaatkan limbah puntung rokok, yang seringkali dibuang tanpa pengolahan lanjut dan dapat mencemari lingkungan. Dalam hal ini, kapas yang berasal dari puntung rokok dapat dijadikan bahan pengisi dalam pembuatan material komposit. Potensi ini muncul karena kapas memiliki sifat serat yang dapat memberikan kontribusi positif pada sifat-sifat mekanik komposit (Amaliyah dkk, 2022).
2. Matrik (resin) mempunyai fungsi sebagai mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren permukaan matrik atau serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, dan tabil setelah proses manufaktur. Matrik *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan. Keunggulan matrik *polyester* dibandingkan dengan resin yang lain adalah:
 - a. Matrik resin *polyester* lebih keras.
 - b. Menghasilkan bahan yang transparan.
 - c. Bersifat kuat.
 - d. Mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, cuaca dan pengaruh zat-zat kimia.

- e. Dapat dilombinasi dengan semua tipe serat gelas.
 - f. Harganya yang lebih murah.
3. Katalis merupakan bahan berbentuk cairan jernih berbau menyengat. Fungsinya sebagai katalisator agar resin lebih cepat mengeras. Penambahan katalis ini cukup sedikit saja tergantung pada jenis resin *polyester* yang digunakan. Selain itu umur resin *polyester* juga mempengaruhi jumlah katalis yang digunakan. Artinya resin *polyester* yang sudah lama dan mengental akan membutuhkan katalis lebih sedikit bila dibandingkan dengan resin baru yang masih encer. Zat kimia ini biasanya dijual bersama dengan dengan resin *polyester* (Supriyanto dkk., 2022).

2.2.2 *Design of Experiment*

Design of Experiment (DoE) merupakan salah satu metodologi statistik untuk melakukan eksperimen yang membantu menyelidiki kombinasi parameter proses, kuantitas yang berubah, tingkat dan kombinasi dalam mendapatkan hasil yang dapat diandalkan. DoE juga dapat digunakan untuk mencapai peningkatan kualitas produk dan efisiensi proses (Montgomery, 2017).

1. *Fractional Factorial Design*

Salah satu metode *design of experiment* (DoE) adalah *Factorial Design* dengan menampilkan semua kemungkinan kombinasi eksperimen. Karena banyaknya jumlah percobaan yang harus dilakukan pada *full factorial*, membuat metode tersebut tidak selalu bisa diterapkan pada semua eksperimen atau percobaan. Apalagi dengan adanya keterbatasan waktu dan tenaga dalam melakukan percobaan. Dengan, metode *Fractional Factorial Design* ini dapat menjalankan hanya sebagian dari setiap kombinasi parameter. Percobaan *Fractional Factorial Design* paling banyak digunakan dalam pengembangan produk dan peningkatan proses.

Tabel 2. 2 Interaksi Parameter

<i>Factorial Effect</i>								
<i>Run</i>	<i>I</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
<i>a</i>	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>b</i>	+	-	+	-	-	+	-	+
<i>c</i>	+	-	-	+	+	-	-	+
<i>abc</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>ab</i>	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>ac</i>	+	+	-	+	-	+	-	-
<i>bc</i>	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>(1)</i>	+	-	-	-	-	+	+	-

2.2.3 Sampah Filter Rokok

Limbah filter rokok merupakan suatu limbah yang sulit untuk didaur ulang. Puntung rokok filter memiliki bahan dasar kapas yang ringan, berpori dan mudah menyerap (Candra dkk., 2019). Filter rokok yang tidak dibuang dengan benar dapat terurai oleh faktor-faktor seperti sinar matahari dan kelembapan, sehingga melepaskan mikroplastik, logam berat, dan banyak bahan kimia lainnya yang berdampak pada kesehatan dan layanan ekosistem. Dalam keadaan tersebut filter rokok dapat pecah menjadi potongan plastik yang lebih kecil yang mengandung dan akhirnya mengeluarkan beberapa dari 7000 bahan kimia yang terkandung dalam sebatang rokok, banyak di antaranya beracun bagi lingkungan, dan setidaknya 50 diketahui karsinogen manusia (Villoria-s dan Caballol-bartolom, 2020).

2.2.4 Kaca

Kaca merupakan salah satu produk industri kimia yang sering kita jumpai di kehidupan sehari-hari. Kaca merupakan zat cair yang sangat dingin, karena partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti pada zat cair. Kaca berbentuk padat akibat dari pendinginan yang sangat cepat sehingga partikel yang terdapat didalamnya tidak sempat untuk menyusun diri secara teratur. Kaca merupakan hasil dari penguraian senyawa organik yang telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Unsur pokok dari kaca adalah silika (Sucipto, 2020). Kaca adalah

material padat yang dibuat oleh silika kering dengan oksida dasar. Serbuk kaca ini tidak *porous* serta bersifat *pozzolanik*. Serbuk kaca memiliki keunggulan dibanding bahan lainnya yaitu mempunyai sifat tidak menyerap air, dan serbuk kaca mempunyai sifat pozzolan sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengganti *filler* (Sayyidina, 2019).

2.2.5 Uji Dampak (*Impact Testing*)

Uji dampak adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan bahan. Kekuatan dampak material komposit rata-rata masih di bawah kekuatan dampak logam. Ikatan antar molekul sangat berpengaruh pada kekuatan dampak, semakin kuat ikatan maka semakin kuat kekuatan dampaknya (Mayleni dkk., 2021). Uji Dampak merupakan pengujian ketangguhan pada specimen berbahan material logam dan komposit. Uji Dampak bisa juga diartikan sebagai suatu tes yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dengan ayunan (Harijono dan Purwanto, 2017). Uji dampak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*Fast Loading*), pada uji dampak terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Uji dampak digunakan untuk menentukan material yang rapuh atau ulet akibat gerak benda berdasarkan sifat ketangguhannya (Fikar, 2018).

Secara umum metode pengujian dampak terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Metode *Charpy*

Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah tarikan.

2. Metode *Izod*

Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi, dan arah pembebanan searah dengan arah takikan (Nugroho dan Wantogia, 2019).

2.2.6 Uji Tarik (*Tensile Testing*)

Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (*tensile strength*) suatu material atau bahan dengan cara memberikan beban gaya

statis) yang sesumbu dan diberikan secara lambat atau cepat. Diperoleh hasil sifat mekanik dari pengujian ini berupa kekuatan dan elastisitas dari material atau bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva hasil uji Tarik. Selain kekuatan dan elastisitas, sifat lain yang dapat diketahui adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan luluh dari material
2. Keuletan dari material
3. Kelentingan dari suatu material (Harijono dan Purwanto, 2017).

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu material atau bahan dan juga sebagai referensi pendukung untuk spesifikasi material atau bahan. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan lengkung (Faizal dkk., 2022).

2.2.7 Molding

Molding dalam definisi sempit adalah salah satu metode pembuatan produk komposit dengan memanfaatkan tekanan sebagai pemberi dan penahan agar dapat membentuk sesuai dengan bentuk cetakan yang telah dibuat (Pillai., 2018). Mesin cetak kompresi umumnya memiliki pelat dasar di bagian bawah yang dipasang secara statis atau tetap sedangkan pelat atas diaktifkan untuk bergerak ke atas dan ke bawah untuk menyesuaikan dengan tekanan yang diperlukan. Material penguat komposit dan matriks ditempatkan dalam cetakan sebelum dilakukan proses *molding* (Nugroho dan Wantogia, 2019).

2.2.8 Pembuatan Spesimen

1. Penentuan Komposisi

Penentuan komposisi merupakan hal penting dalam pembuatan komposit. Perbandingan komposisi pada komposit dapat dibagi menjadi dua, yaitu komposisi resin *polyester*:katalis dan polimer (resin dan katalis): penguat. Karakteristik komposit dipengaruhi oleh komposisi tersebut. Perbandingan resin *polyester*:katalis terdapat beberapa referensi yang memberikan penjelasan mengenai komposisi resin poliester dan katalis.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lokantara (2012) dan (Kartini dkk., 2018), perbandingan resin polister:katalis yaitu 100:1.

Terdapat beberapa langkah dalam pembuatan spesimen komposit. Langkah awal yaitu massa kaca yang sudah dalam bentuk serbuk maupun serat filter rokok ditimbang sesuai dengan perbandingan volume yang telah dikonversikan ke massa. Kemudian resin juga ditimbang sesuai dengan massa dari masing-masing variasi massa. resin dimasukkan ke dalam gelas plastik kemudian diaduk dengan pengaduk. Pengadukan dilakukan secara perlahan selama enam menit. Hal tersebut bertujuan agar tidak timbulnya *void* ketika pengadukan dan agar tercampur secara merata. Setelah tercampur merata, ditambahkan katalis sebanyak 1% dari resin. Kemudian diaduk kembali secara perlahan selama dua menit. Campuran tersebut dituang ke dalam cetakan yang telah disiapkan. Kemudian permukaan spesimen diratakan dan diamkan selama 24 jam. Setelah spesimen komposit kering, spesimen dikeluarkan dari cetakan dan diratakan permukaannya menggunakan amplas halus ukuran P600. Spesimen yang telah jadi merupakan sampel siap uji (Muharram dan Walujodjati, 2022).