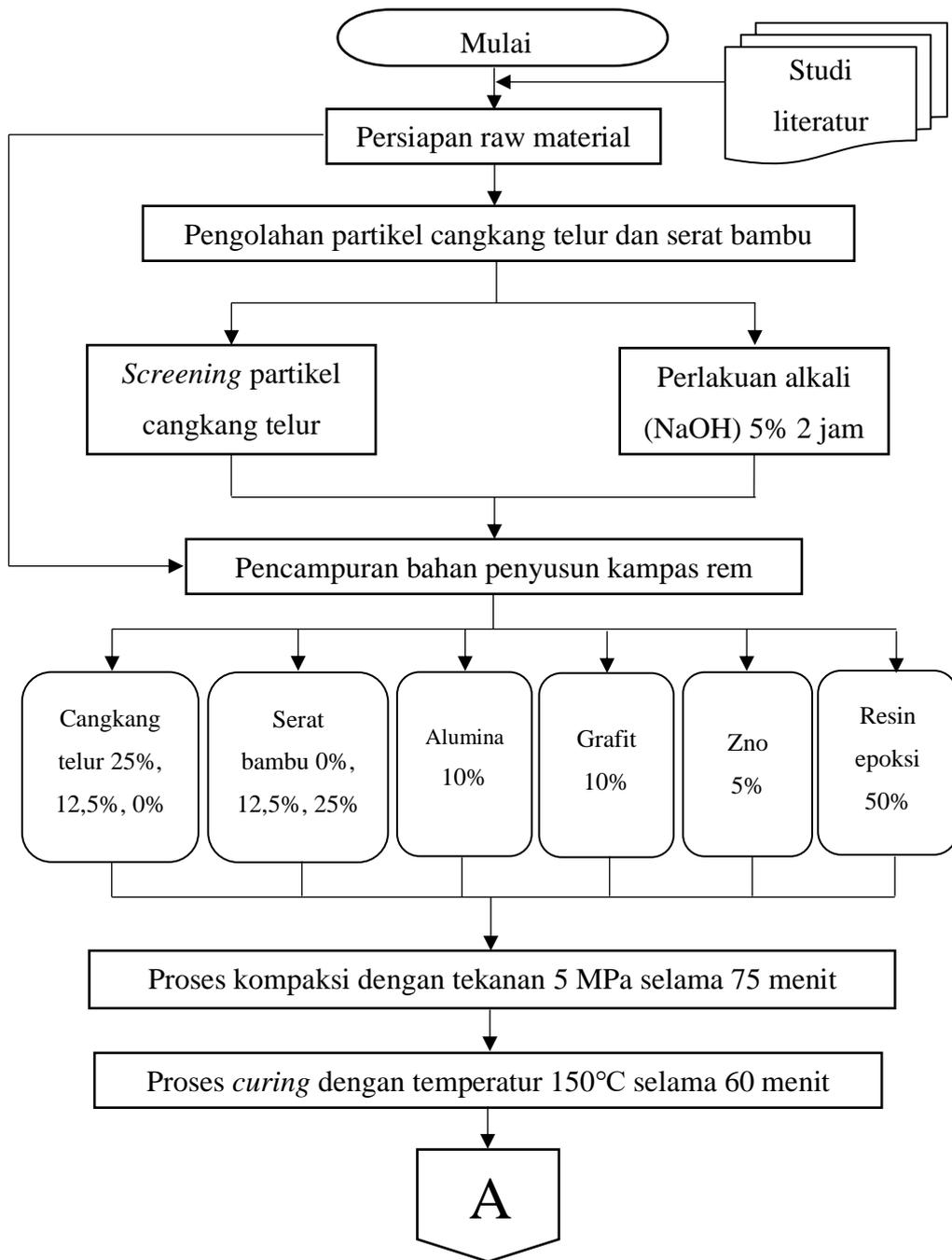


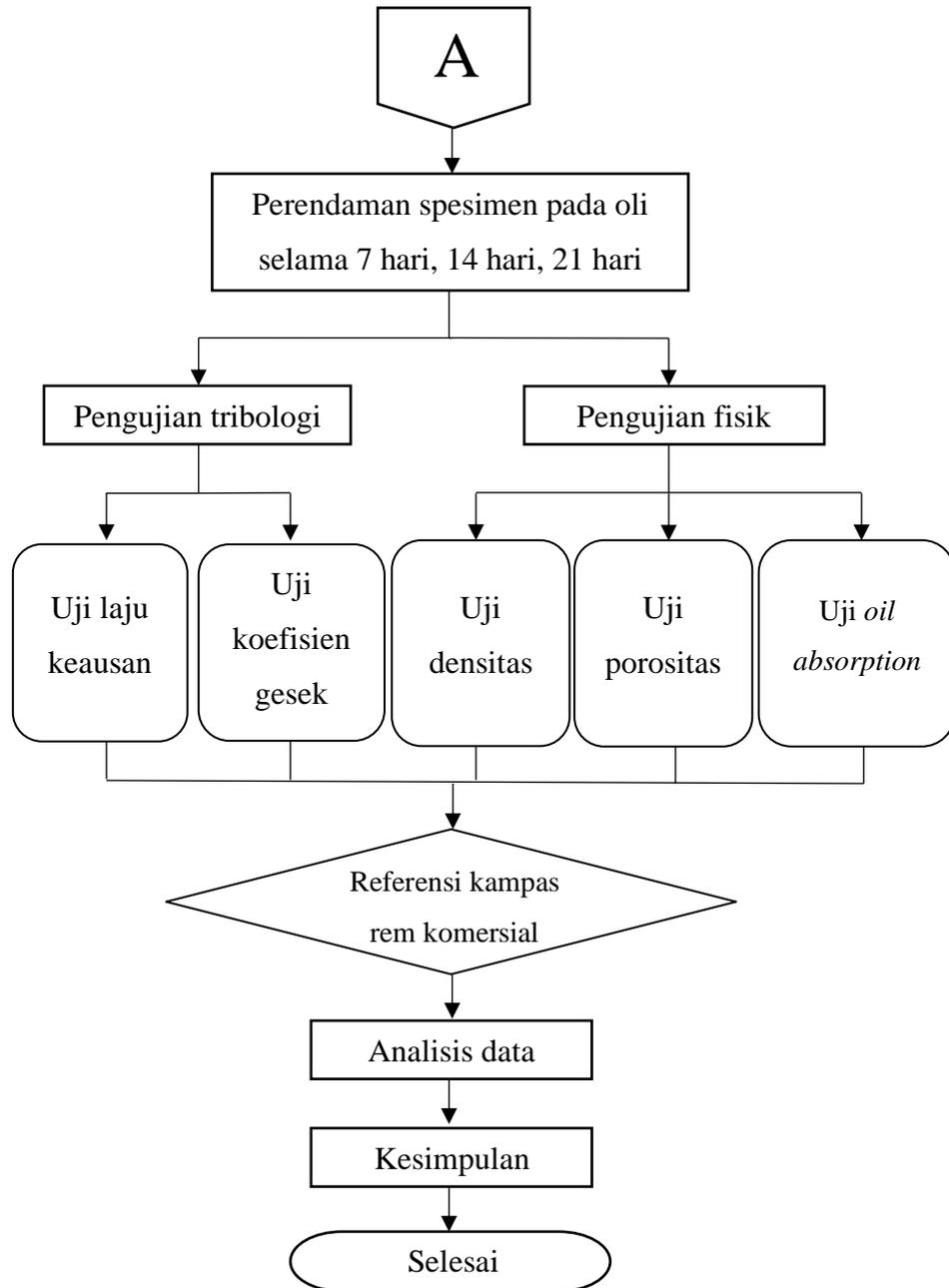
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Alur tahapan yang dilakukan pada penelitian ini akan dijabarkan pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian kampas rem

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Terdapat beberapa alat dan bahan yang menunjang penelitian kampas rem agar penelitian ini dapat berjalan dengan optimal. Untuk beberapa alat dan bahan tersebut diantaranya.

3.2.1 Alat yang Digunakan

Beberapa alat yang digunakan dalam pembuatan spesimen dan pengujian spesimen yaitu sebagai berikut.

1. Saringan mesh 120

Saringan mesh 120 ini digunakan untuk memisahkan partikel cangkang telur antara yang kecil dengan yang besar sehingga didapatkan ukuran serbuk yang lebih seragam dan menghilangkan serbuk yang tidak diinginkan. Untuk *frame* dan mesh menggunakan material *stainless steel* dan pada bagian penampangnya memiliki bentuk oval.



Gambar 3.2 Saringan mesh 120

2. Neraca Digital

Neraca digital digunakan sebagai alat ukur berat bahan-bahan penelitian agar sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Alat yang digunakan memiliki material *stainless steel* dimana dapat mengukur massa benda maksimal 2000 gram. Timbangan ini beroperasi dengan daya dari 2 buah baterai berukuran AAA. Pada alat ini dilengkapi dengan LCD dan memiliki ketelitian 0,01 gram.



Gambar 3.3 Neraca digital

3. Cetakan

Cetakan digunakan untuk membentuk spesimen dan menjaga bentuk material selama proses pembuatan. Untuk material cetakan yang digunakan yaitu berupa baja dengan bentuk kubus yang terdapat lubang dibagian tengahnya yang memiliki diameter 27 mm dan kedalaman 60 mm. Selain itu untuk penekannya menggunakan 2 buah silinder pejal dengan diameter 27 mm dan tinggi masing-masing yaitu 77 mm dan 20 mm sebagai penahan bawahnya.



Gambar 3.4 Cetakan

4. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi sampel yang telah dibuat. Jenis jangka sorong yang digunakan yaitu *dial caliper* yang diproduksi oleh Mitutoyo. Dimensi maksimal yang dapat diukur oleh jangka sorong ini 150 mm dengan ketelitian mencapai 0,02 mm.



Gambar 3.5 Penggaris

5. Oven

Oven digunakan untuk memanaskan bahan agar kekerasannya meningkat dengan panas yang menyebar rata diseluruh permukaan sampel. Oven yang digunakan yaitu Votre dengan temperatur

maksimal yang dapat dicapai oven yaitu 250°C dan maksimal waktu oven selama 60 menit.



Gambar 3.6 Oven

6. Mesin *Cold Press*

Mesin *cold press* digunakan dengan menekan campuran bahan kampas rem agar dapat menyatu dengan mengandalkan tekanan hidroliknya. Maksimum tekanan yang dapat dicapai dari *cold press* ini sekitar 250 bar atau 3500 psi. Untuk penggunaannya yaitu dengan memompa hingga mencapai tekanan yang ditentukan dan untuk melepaskannya dengan memutar sekrup yang terhubung dengan *valve* pada bagian depan.



Gambar 3.7 Mesin *cold press*

7. *Thermocouple*

Thermocouple yang digunakan adalah Hioki 3412 dimana ini merupakan *thermocouple* tipe K. Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur oven ketika melakukan proses *curing* agar temperatur yang diterima oleh spesimen akurat. Cara penggunaannya yaitu pada bagian ujung *thermocouple* di masukkan melalui lubang yang berada pada

bagian pintu oven dan diberikan *seal* agar temperatur di dalam oven tidak keluar.



Gambar 3.8 *Thermocouple*

8. Amplas Gerinda

Gerinda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Maktec MT90. Penggunaan amplas gerinda ini difungsikan sebagai sebagai alat untuk meratakan permukaan spesimen agar kontak antara spesimen dengan mesin uji menjadi optimal. Kecepatan maksimal yang dapat dicapai oleh gerinda ini sebesar 1200 rpm apabila tanpa beban.



Gambar 3.9 Amplas gerinda

9. Instrument Pengukuran Koefisien Gesek

Untuk pengujian koefisien gesek menggunakan alat rancangan sendiri mengikuti standar yang telah ditetapkan. Alat uji tersusun atas piringan cakram yang diletakkan diatas 2 buah balok dimana pada bagian depannya diberikan semacam *pulley*. Kemudian terdapat gelas ukur untuk wadah air yang dikaitkan dengan benang nilon. Gelas akan terhubung dengan spesimen menggunakan nilon dimana diatas

spesimen tersebut akan diberikan beban. Berikut merupakan bentuk dari alat uji koefisien gesek.



Gambar 3.10 Instrument pengukuran koefisien gesek

10. *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine*

Digunakan alat uji laju keausan berupa *Ogoshi high speed universal wear testing machine* (Type OAT-U) yang tersedia di Universitas Indonesia. Dengan mesin uji ini dapat diketahui tingkat ketahanan keausan dari spesimen komposit kampas rem yang akan digesekkan pada *revolving disc* yang berputar.



Gambar 3.11 *Ogoshi high speed universal wear testing machine* [45]

3.2.2 Bahan yang Digunakan

Beberapa bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen dan pengujian spesimen yaitu sebagai berikut.

1. Natrium Hidroksida

Larutan NaOH 5% merupakan campuran antara aquades dan soda api. Bentuk dari aquades berupa cairan, sedangkan soda api berupa butiran padat berwarna putih. Fungsi dari larutan ini yaitu untuk memberikan perlakuan alkali pada serat bambu yang berfungsi

untuk meningkatkan sifat mekanis komposit dan menghilangkan hemiselulosa dan lignin.



Gambar 3.12 Aquades dan soda api

2. Cangkang Telur

Cangkang telur yang digunakan merupakan cangkang telur ayam. Cangkang telur digunakan sebagai bahan pengisi atau *filler* yang dapat meningkatkan sifat kampas rem. Cangkang telur didapatkan dari pembelian secara online. Untuk ukuran saringan yang digunakan untuk menyaring partikel cangkang telur ini yaitu dengan mesh 120.



Gambar 3.13 Cangkang telur

3. Serat Bambu

Serat bambu digunakan sebagai bahan penguat agar dapat meningkatkan kekuatan mekanik kampas rem. Jenis bambu yang digunakan yaitu bambu apus. Adapun perlakuan yang diberikan yaitu direndam pada larutan alkali dengan kandungan 5% NaOH dan 95% aquades selama 2 jam.



Gambar 3.14 Serat bambu

4. ZnO

ZnO digunakan sebagai bahan tambahan untuk membuat ikatan antar molekul kanvas rem semakin kuat sehingga densitasnya meningkat. Ukuran mesh untuk ZnO ini yaitu 80 mesh. Untuk ZnO ini didapatkan dari toko kimia di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 3.15 ZnO

5. Resin epoksi

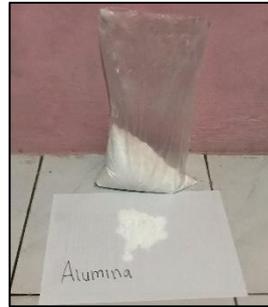
Resin epoksi digunakan sebagai matriks untuk mengikat serat dengan baik sehingga struktur kanvas rem lebih solid. Resin epoksi didapatkan dari toko kimia di sekitar lokasi penelitian. Untuk resin epoksi ini dicampur hardener dengan rasio campuran 2:1.



Gambar 3.16 Resin epoksi

6. *Alumina Powder*

Alumina powder digunakan sebagai bahan pengisi atau *filler* yang dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal dari kanvas rem. Ukuran mesh untuk *alumina powder* ini yaitu 325 mesh. Untuk *alumina powder* ini didapatkan dari toko kimia di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 3.17 *Alumina powder*

7. *Graphite Powder*

Graphite powder pada kanvas rem digunakan sebagai material gesek dan *friction modifier*. Ukuran mesh untuk *graphite powder* ini yaitu 325 mesh. Untuk *graphite powder* ini didapatkan dari toko kimia di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 3.18 *Graphite powder*

8. Silikon

Silikon digunakan ketika proses kompaksi dimana berfungsi agar spesimen tidak merekat dengan cetakan (*mold release*). Untuk penggunaannya yaitu silikon akan dilumasi diseluruh bagian cetakan yang akan saling bersinggungan dengan campuran komposit seperti pada bagian lubang dan bagian *punch*.



Gambar 3.19 Silikon

9. Oli

Pelumas oli digunakan untuk mensimulasikan spesimen kampas rem jika terpapar oli. Oli yang digunakan merupakan oli motor Federal Ultratec Matic 30 dengan spesifikasi SAE 10W-30. Penggunaannya yaitu dengan menuangkan oli pada gelas dan spesimen akan direndam pada oli yang telah dituangkan. Untuk bahan ini didapatkan dari bengkel di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 3.20 Pelumas oli motor

3.3 Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan prosedur yang dilakukan dalam penelitian kampas rem berbahan cangkang telur dan serbuk bambu dengan variasi fraksi volume setelah perendaman oli.

1. Preparasi komposisi sampel

Pada tahap preparasi komposisi sampel dilakukan perhitungan agar didapatkan ukuran massa yang akan digunakan dalam campuran kampas rem. Untuk persamaan menghitungnya digunakan persamaan berikut.

$$V = h \times \pi \times r^2 \dots\dots\dots(3.1)$$

$$m = \rho \times V \times v_f \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

- h : Tinggi cetakan (mm)
 r : Jari-jari cetakan (mm)
 ρ : Densitas bahan (g/cm^3)
 V : Volume cetakan (cm^3)
 v_f : Fraksi volume (%)

Untuk densitas dari setiap bahan yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan kampas rem akan ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai densitas bahan penyusun kampas rem

No	Nama bahan	Densitas (g/cm^3)
1	Cangkang telur	2,571
2	Serat bambu	0,60
3	ZnO	5,606
4	Resin epoksi	1,20
5	Alumina	3,93
6	Grafit	2,26

Kemudian dilakukan perhitungan komposisi pada setiap spesimen. Adapun langkah awal yang dilakukan yaitu dengan menghitung volume silinder dengan data dimensi yang dibutuhkan yaitu tebal 15 mm dan diameter 27 mm. Untuk persamaan menghitung volume menggunakan persamaan 3.1. Berikut ini merupakan perhitungannya.

$$V = 15 \times \pi \times 13,5^2 = 85,9 \text{ mm}^3$$

Setelah didapatkan nilai volume, tahap selanjutnya yaitu menghitung komposisi dari setiap variasi sampel dengan menggunakan persamaan 3.2. Adapun komposisi dari setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komposisi setiap spesimen (gram)

Bahan	FCT	CTSB	FSB
Cangkang telur	5,521	2,761	0
Serat bambu	0	0,644	1,288
Alumina	3,376	3,376	3,376
Resin epoksi	5,154	5,154	5,154
ZnO	2,408	2,408	2,408
Grafit	1,941	1,941	1,941

2. Pengolahan cangkang telur dan serat bambu

Sebelum dilakukan pencampuran, sebelumnya dilakukan pengolahan pada cangkang telur dan bambu. Untuk cangkang telur sendiri merupakan cangkang telur ayam. Berikut ini merupakan prosedur pengolahan cangkang telur ayam:

- A. Partikel cangkang telur yang digunakan diperoleh melalui pembelian dari toko.
- B. Melakukan proses *screening* bubuk cangkang telur menggunakan mesh ukuran 120 agar didapatkan ukuran partikel cangkang telur yang seragam [46].
- C. Untuk memaksimalkan jumlah cangkang telur, serbuk yang tidak tersaring di blender selama 5 menit agar didapatkan serbuk yang halus. Sedangkan untuk pengolahan serat bambu yang dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.
 - A. Membersihkan serat bambu dengan menggunakan air agar kotoran pada bambu menghilang.
 - B. Memberikan perlakuan Alkali (NaOH) untuk memisahkan serat bambu ini dari hemiselulosa dan lignin. Pemberian perlakuan ini dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat bambu. Pada penelitian yang dilakukan oleh [41] dengan waktu perlakuan Alkali selama 2 jam dengan kandungan 5% didapatkan kekuatan impak tertinggi. Diketahui jika waktu perlakuan Alkali terlalu sebentar maka lignin belum hilang dan jika terlalu lama maka akan merusak serat.
 - C. Setelah proses perendaman selama 2 jam, langkah selanjutnya yaitu membilas serat bambu menggunakan air.
 - D. Serat bambu yang telah dibilas dikeringkan dibawah sinar matahari kurang lebih selama 1 hari.
 - E. Setelah didapatkan serat bambu yang sudah kering, selanjutnya yaitu dipilih serat bambu dengan ketebalan 0,6-0,8 mm dan memotongnya dengan panjang 6-8 mm.

3. Pencampuran bahan baku kampas rem

Pada tahap ini dilakukan proses *mixing* pada seluruh bahan baku kampas rem dengan variasi fraksi volume yang telah ditentukan. Pencampuran bahan tersebut dilakukan pada gelas takar dan diaduk dengan menggunakan sendok. Berikut ini merupakan prosedur dalam pencampuran bahan baku ini.

- A. Memasukkan partikel cangkang telur, ZnO, alumina, grafit secara bertahap hingga tercampur semua.
- B. Memasukkan serat bambu secara bertahap serta mengaduknya agar serat bambu tidak menggumpal.
- C. Mencampurkan resin dan hardener dengan komposisi 2:1.
- D. Memasukkan bahan yang sudah tercampur dengan resin dan hardener dan diaduk menggunakan sendok.
- E. Mendinginkan campuran dengan waktu 5 menit agar komposit tidak terjadi kebocoran ketika dilakukan proses kompaksi dan juga udara yang terkandung di dalam campuran keluar [25].

4. Proses Kompaksi

Kompaksi ini dilakukan dengan menggunakan mesin *press hydraulic* dimana metode yang digunakan adalah *cold press single punch*. Proses kompaksi dilakukan dengan tekanan kompaksi sebesar 5 MPa selama 75 menit. Pemilihan tekanan sebesar itu berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya dimana semakin tinggi tekanan kompaksi maka nilai kekuatan bending meningkat [47] dan juga apabila terlalu tinggi tekanannya maka tingkat laju keausannya akan tinggi [31].

5. Proses *curing*

Tahap *curing* dilakukan dengan menggunakan sebuah oven. Tahap ini dilakukan dengan pemanasan pada temperatur dan waktu tertentu untuk memastikan seluruh bahan memiliki ikatan yang baik. Berdasarkan penelitian [48] yang membahas variasi temperatur *curing* dimana tingkat temperatur mempengaruhi sifat mekanik. Hasil penelitian menunjukkan sifat mekanik terbaik didapatkan ketika temperatur *curing* 150°C selama 60 menit.

6. Perendaman sampel pada oli

Proses pemberian perlakuan perendaman oli dilakukan pada beberapa sampel dimana sampel yang direndam oli ini telah dilakukan tahap *curing* sebelumnya. Sampel kanvas akan direndam pada oli Federal Matic Ultratec 30, 10W-30. Sampel akan diuji dengan waktu perendaman selama 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

7. Pengujian Spesimen

Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian tribologi dan pengujian fisik dimana untuk pengujian tribologi parameternya sendiri yaitu koefisien gesek dan laju keausan. Sedangkan untuk pengujian fisik diantaranya pengujian densitas, pengujian porositas, dan pengujian *oil absorption*. Pada pengujian ini, sampel ada yang diberikan perlakuan perendaman oli dan tidak diberikan perlakuan sama sekali. Berikut ini akan dijelaskan mengenai pengujian yang akan dilakukan.

A. Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan penelitian [49] dengan cara mengukur massa dan volume dari spesimen. Kedua data tersebut akan dijadikan dasar untuk menghitung densitas dari material spesimen. Untuk mengukur massa dari spesimen digunakan sebuah alat yakni neraca digital dan untuk menghitung volume digunakan jangka sorong agar data yang didapatkan akurat. Adapun persamaan untuk menentukan volume menggunakan persamaan 3.1.

B. Pengujian Porositas

Pengujian kadar porositas dilakukan berdasarkan standar ASTM D2734-94. Pemilihan standar ini disebabkan karena terfokus pada porositas internal yang mempengaruhi sifat mekanis komposit. Porositas yang didapatkan akan berbentuk persen. Untuk mendapatkan nilai porositas sebelumnya perlu diketahui densitas teoritis (T_d) dari dan densitas aktual (M_d) spesimen komposit dan selanjutnya dilakukan perhitungan [50].

C. Pengujian *oil absorption*

Pada penelitian ini, pengujian *oil absorption* dilakukan pada 3 variasi fraksi volume. Untuk waktu perendaman merujuk pada penelitian [35] yaitu selama 24 jam. Standar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ASTM D543 dimana untuk *oil absorption* ini tidak memiliki persyaratan, namun datanya digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan apakah komposit yang dibuat layak digunakan karena dapat mempengaruhi stabilitas dimensi juga.

D. Pengujian koefisien gesek

Pengujian koefisien gesek dilakukan berdasarkan standar uji ASTM C1028-96. Pada pengujian ini digunakan beban yang menekan spesimen ke permukaan *disc*. Kemudian massa dari spesimen ditimbang dengan neraca digital dan dicatat sebagai m_1 . Kemudian menyusun skema peralatan sesuai dengan yang ditentukan. Selanjutnya air ditambahkan secara bertahap kedalam pemberat hingga benda uji mulai bergerak. Lalu ditimbang massa pada botol penampung dan mencatatnya sebagai m_2 . Untuk mendapatkan nilai koefisien gesek dilakukan perbandingan nilai m_2 dengan m_1 .

E. Pengujian laju keausan

Pengujian laju keausan dilakukan pada sampel yang sebelumnya telah direndam oli. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode ogoshi. Pengujian ogoshi ini dilakukan dengan standar uji ASTM G99. Pada metode Ogoshi ini sampel yang akan di uji akan diberikan beban gesek dari *revolving disc*. Dari pembebanan gesek tersebut akan menghasilkan kontak antar permukaan secara berulang dimana hal tersebut akan menghilangkan sebagian material pada permukaan sampel. Ukuran jejak hilangnya material itu pada permukaan itu yang dijadikan acuan tingkat keausan pada material. Semakin tinggi nilai keausan material maka semakin tinggi volume material yang hilang dari sampel uji [8].