

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Proses pembuatan spesimen komposit dan proses pendataan hasil proses uji fisis dan mekanis dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur jalan Juanda No. 15 Samarinda.

3.2 Desain Penelitian

Teknik penelitian adalah proses yang digunakan peneliti untuk mengatasi masalah penelitian yang sistematis dengan menggunakan penyelidikan yang mengikuti metode ilmiah. Penelitian semacam ini memerlukan desain penelitian yang sesuai dengan parameter penelitian yang dilakukan. Proses inilah yang digunakan peneliti untuk melaksanakan pekerjaannya. Pada tahap pengumpulan data yang akan datang, teknik eksperimen akan digunakan.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam suatu penelitian adalah topik yang diteliti. Agar, fokus utama penelitian adalah variabel studi. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, dengan variabel ini bertindak sebagai titik acuan:

1. Variabel Bebas

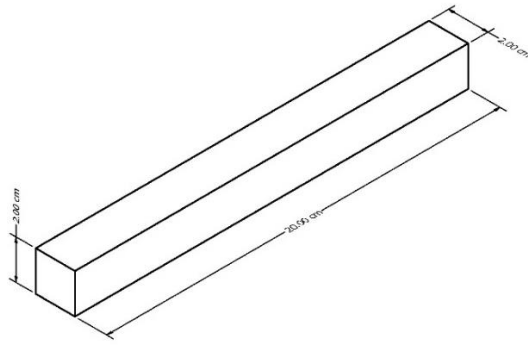
Variabel bebas mengacu pada keadaan yang mempengaruhi bagaimana gejala bermanifestasi. Variabel bebas adalah variabel yang secara khusus diteliti untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap variabel lain, menurut salah satu definisi. Istilah ini berlaku untuk kesulitan yang dijelaskan di atas. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah rasio agregat antara pasir silika, resin epoksi, CNTS dan *fly ash*.

2. Variabel Tetap

Parameter yang diamati dan diukur dalam penyelidikan ini untuk menentukan dampak dari variabel independen secara kolektif disebut sebagai variabel tetap. Variabel yang tetap konstan selama percobaan ini adalah kekerasan permukaan dan absorpsi.

3. Variabel Kontrol

Dalam penelitian ini variabel kontrolnya adalah:



Gambar 3. 1 Ukuran Spesimen

- a. Spesimen berbentuk persegi panjang dengan panjang 20 cm, lebar 2 cm, tinggi 2 cm.
- b. Pengeringan selama 24 jam pada temperatur normal.
- c. Tekanan yang digunakan dalam *squeeze casting* 200 kg/cm².

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

a. Timbangan

Timbangan harus digunakan untuk secara tepat mengukur jumlah resin dan serat yang harus dicampur sesuai dengan perhitungan. Selain itu, menilai apakah hasil total sejalan dengan perhitungan yang ditentukan sebelumnya.



Gambar 3. 2 Timbangan

b. Alat pengepresan

Setelah pencampuran, bahan dikompresi menggunakan alat pres untuk meminimalkan jumlah celah atau ruang udara, yang keduanya berpotensi menyebabkan cacat atau kerusakan pada bahan.



Gambar 3. 3 Alat Pengepresan

c. Cetakan Spesimen

Cetakan pelat besi digunakan sebagai pencetakan komposit, cetakan plat besi dipilih karena mampu menahan volume komposit dengan baik. Sesuai pada gambar berikut.



Gambar 3. 4 Cetakan Spesimen

d. Jangka sorong

Dalam mengukur panjang, lebar, dan tebal benda uji, alat yang digunakan adalah jangka sorong. Ketepatan kaliper adalah 0,01 milimeter.



Gambar 3. 5 Jangka Sorong

e. *Mixer*

Mixer digunakan untuk mencampurkan semua bahan yang digunakan hingga tercampur dengan merata.



Gambar 3. 6 *Mixer*

f. Ampelas

Ampelas digunakan sebagai bahan *finishing* untuk mencapai hasil yang lebih baik dengan spesimen. Kekasaran ampelas yang digunakan adalah 200.



Gambar 3. 7 Ampelas

g. Ayakan

Saringan atau ayakan adalah alat yang digunakan untuk memisahkan bagian yang tidak diinginkan berdasarkan ukuran bagian yang tidak diinginkan.



Gambar 3. 8 Ayakan

h. Gelas Pencampur

Gelas pencampur digunakan untuk mencampur bahan yang akan diuji.



Gambar 3. 9 Gelas Pencampur

2. Bahan Penelitian

a. Pasir Silika



Gambar 3. 10 Pasir Silika

b. *Fly Ash*



Gambar 3. 11 *Fly Ash*

c. CNTs



Gambar 3. 12 CNTs

d. Resin



Gambar 3. 13 Resin

Resin yang digunakan disebut *Unsaturated Polyester Resin (UPR)*, dan merupakan resin cair yang mengering menjadi padat pada suhu kamar. Ini memiliki viskositas yang relatif rendah.

e. *Hardener*



Gambar 3. 14 *Hardener*

Katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) digunakan sebagai pengeras dalam proses ini. Prosedur pengawetan MEKPO memakan waktu antara empat dan lima jam.

f. *Grease*



Gambar 3. 15 *Grease*

Hal ini diperlukan untuk mengoleskan minyak pada cetakan untuk mencegah material komposit menempel pada cetakan.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Proses Pembuatan Spesimen

1. Pembuatan Cetakan

Spesimen dibuat menggunakan cetakan besi las yang memiliki ukuran sebagai berikut: panjang 200 milimeter, lebar 20 milimeter, dan tinggi 20 milimeter. Sebelum digunakan dalam proses pencetakan, *grease* terlebih dahulu dioleskan agar mudah dipisahkan.



Gambar 3. 16 Cetakan

2. Pengayakan Silika dan *Fly ash*

Untuk memisahkan perbandingan pasir silika menjadi tiga bentuknya yang unik yaitu pengayakan kasar, sedang, dan halus dilakukan dengan menggunakan silika dan *fly ash*. *Fly ash* menggunakan rasio yang memiliki rentang fluktuasi yang relatif sempit.



Gambar 3. 17 Hasil Ayakan

3. Penakaran Bahan

Menurut kriteria dosis yang digunakan untuk percobaan, komponen yang diukur adalah pasir silika, *karbon nanotube*, *fly ash*, dan resin.



Gambar 3. 18 Penakaran Bahan

4. Pencampuran Bahan

Untuk mempercepat pengerasan komposit, agregat terlebih dahulu diaduk, kemudian ditambahkan resin yang dicampur dengan hardener ke dalam campuran. Dengan memutar bahan-bahan dengan mixer sampai tercampur rata, komponen-komponen tersebut diblender untuk meratakan semua bahan penyusunnya.



Gambar 3. 19 Pencampuran Bahan

5. Pencetakan Bahan dan Perlakuan Penekanan

Tekanan 200 kg/cm² diterapkan pada setiap retakan yang terjadi setelah agregat dan epoksi dicampur bersama sampai merata sebelum ditempatkan ke dalam cetakan. Pengurangan gelembung udara atau void yang keduanya berpotensi menimbulkan cacat pada benda uji diprioritaskan dengan waktu pengepresan selama tiga jam. Hasil injeksi tunggal dalam produksi tiga spesimen.



Gambar 3. 20 Proses Penuangan dan Penekanan

6. *Finishing*

Selama *finishing*, spesimen dihaluskan dengan ampelas untuk mendapatkan hasil akhir yang diinginkan.



Gambar 3. 21 *Finishing*

7. Spesimen

Hasil akhir dari operasi pengecoran mineral yang dilakukan dengan menggunakan kriteria yang dipilih untuk digunakan sebagai campuran dalam pengecoran mineral adalah benda kerja yang digunakan dalam penyelidikan ini sebagai benda uji.



Gambar 3. 22 Spesimen

3.5.2 Metode Taguchi

Metode Taguchi digunakan dalam pekerjaan ini untuk mengumpulkan data eksperimen. Tahapan ini meliputi:

a. Jumlah Replikasi

Dengan berulang kali mengirimkan eksperimen ke rangkaian keadaan yang sama, replikasi berfungsi untuk memverifikasi bahwa hasilnya seakurat mungkin. Dengan terlebih dahulu mengurangi tingkat kesalahan terkait percobaan, adalah mungkin untuk secara eksperimental menentukan nilai perkiraan kesalahan eksperimental.

b. Pengacakan

Diperkirakan bahwa dengan memberikan setiap unit percobaan kesempatan yang sama untuk menerima perlakuan, hasil dari semua perlakuan yang identik akan seragam. Secara umum, tujuan pengacakan adalah untuk menyeimbangkan dampak kekuatan luar pada masing-masing unit percobaan.

c. Desain Data Taguchi

Menerapkan eksperimen Taguchi melibatkan bekerja dengan pengaturan faktor dalam matriks ortogonal. Urutan harus diacak, dan jumlah percobaan harus sesuai dengan jumlah ulangan. Array ortogonal L9 digunakan dalam aplikasi seperti yang ditunjukkan di bawah ini, dan tabel 3.1 berisi hasilnya. Karena desain eksperimental membutuhkan empat komponen dan empat level, ini dilakukan.

Tabel 3. 1 Data Pencampuran Bahan Eksperimen

No Eksperimen	CNTs	Pasir Silika	Rasio Agregat : Epoxy	Fly Ash
	A	B	C	D
Eksperimen 1	1	1	1	1
	0.2 gr	50:25:25	80:20	5%
Eksperimen 2	1	2	2	2

	0.2 gr	60:20:20	75:25	7,5%
Eksperimen 3	1	3	3	3
	0.2 gr	60:25:15	70:30	10%
Eksperimen 4	2	1	2	3
	0.4 gr	50:25:25	75:25	10%
Eksperimen 5	2	2	3	1
	0.4 gr	60:20:20	70:30	5%
Eksperimen 6	2	3	1	2
	0.4 gr	60:25:15	80:20	7,5%
Eksperimen 7	3	1	3	2
	0.6 gr	50:25:25	70:30	7,5%
Eksperimen 8	3	2	1	3
	0.6 gr	60:20:20	80:20	10%
Eksperimen 9	3	3	2	1
	0.6 gr	60:25:15	75:25	5%

Keterangan :

Kasar = 100 *mesh*

Sedang = 200 *mesh*

Halus = 300 *mesh*

1. Pasir Silika

Eksperimen 1 = 50 : 25 : 25 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 2 = 60 : 20 : 20 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 3 = 60 : 25 : 15 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 4 = 50 : 25 : 25 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 5 = 60 : 20 : 20 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 6 = 60 : 25 : 15 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 7 = 50 : 25 : 25 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 8 = 60 : 20 : 20 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

Eksperimen 9 = 60 : 25 : 15 = Silika kasar : Silika sedang : Silika halus

2. Rasio Agregat *Epoxy* (Resin)

Eksperimen 1 = 80 : 20 = Agregat : Resin

Eksperimen 2 = 75 : 25 = Agregat : Resin

Eksperimen 3 = 70 : 30 = Agregat : Resin

Eksperimen 4 = 75 : 25 = Agregat : Resin

Eksperimen 5 = 70 : 30 = Agregat : Resin

Eksperimen 6 = 80 : 20 = Agregat : Resin

Eksperimen 7 = 70 : 30 = Agregat : Resin
 Eksperimen 8 = 80 : 20 = Agregat : Resin
 Eksperimen 9 = 75 : 25 = Agregat : Resin

3.5.3 Penentuan *Orthogonal Array*

Array Orthogonal merupakan deretan angka yang tersusun dalam baris dan kolom. Parameter eksperimen telah diberi label sebagai kolom, sehingga nilainya dapat diubah. Baris kemudian akan disetel ke versi parameter yang berbeda selama periode waktu ini; versi ini akan disebut sebagai tingkat faktor. Array disebut sebagai ortogonal karena tingkat faktor parameter ini seimbang dan dapat ditentukan sebagai konsekuensi dari pengaruh faktor parameter lainnya. Akibatnya, matriks seimbang dengan beberapa komponen dan level dikenal sebagai array ortogonal. Diperlukan untuk mengacaukan data untuk membedakan antara efek dari satu komponen atau level dan variabel atau level lainnya. Karena kondisi ini berlaku untuk setiap level parameter dengan jumlah level yang sama, ini dikenal sebagai *array ortogonal*. (Aprilyanti & Suryani, 2020).

Tabel 3. 2 Desain Eksperimen dengan *Orthogonal Array L9 (3⁴)*

Kondisi Percobaan	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

3.5.4 Perhitungan Komposisi Komposit

Perhitungan komposisi komposit dilakukan berdasarkan cetakan spesimen yang memiliki dimensi panjang 20 sentimeter, lebar 2 sentimeter, dan tinggi 2 sentimeter..

1. Menghitung Volume Cetakan

$$\begin{aligned} \text{Volume Cetakan} &= 20 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \\ &= 80 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

2. Menghitung Volume Pasir Silika

$$\begin{aligned} \text{Volume Pasir Silika} &= \frac{80\% \times 80 \text{ cm}^3}{100\%} \\ &= 64 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

3. Massa Pasir Silika

$$p = \frac{m}{v}; \text{ dengan massa jenis pasir silika} = 2,65 \text{ gr/cm}^3$$

Maka, massa Pasir Silika (M.p)

$$\begin{aligned} M.p &= p \times v.p \\ &= 2,65 \text{ gr/cm}^3 \times 64 \text{ cm}^3 \\ &= 169,6 \text{ gr} \end{aligned}$$

4. Menghitung Volume *Resin Epoxy*

$$\begin{aligned} V.r &= \frac{20 \% \times 80 \text{ cm}^3}{100 \%} \\ &= 16 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

5. Massa *Resin Epoxy*

$$p = \frac{m}{v}; \text{ dengan massa jenis resin epoxy} = 1,17 \text{ gr/cm}^3$$

Maka massa *resin epoxy* (M.r)

$$\begin{aligned} Mr &= p \times V.r \\ &= 1,17 \text{ gr/cm}^3 \times 16 \text{ cm}^3 \\ &= 18,72 \text{ gr} \end{aligned}$$

6. Menghitung Volume *Fly Ash*

$$\begin{aligned} V.f &= \frac{5 \% \times 80 \text{ cm}^3}{100 \%} \\ &= 4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

7. Massa *Fly Ash*

$$p = \frac{m}{v}; \text{ dengan massa jenis fly ash} = 1,9 \text{ gr/cm}^3$$

Maka, massa *fly ash* (M.f)

$$\begin{aligned} M.f &= p \times V.f \\ &= 1,9 \text{ gr/cm}^3 \times 4 \text{ cm}^3 \\ &= 7,6 \text{ gr} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan data komposisi perhitungan volume dan massa dari komposit sesuai pada tabel berikut ini :

Tabel 3. 3 Perhitungan Volume dan Massa Komposit

Volume Cetakan (cm ³)	Volume Pasir Silika (cm ³)	Volume <i>Resin Epoxy</i> (cm ³)	Volume <i>Fly Ash</i> (cm ³)	Massa Jenis Pasir Silika (gr)	Massa Jenis <i>Resin Epoxy</i> (gr)	Massa Jenis <i>Fly Ash</i> (gr)
80	64	16	4	169,6	18,72	7,6
80	60	20	6	159	23,4	11,4
80	56	24	8	148,4	28,08	15,2

3.5.5 Teknik Analisis Data

Data diperoleh dan diproses dalam beberapa cara selama fase analisis, termasuk pengumpulan data, pengelolaan data, komputasi, dan tampilan dengan cara tertentu. Tahapan ini meliputi :

a. Analisis varian (ANOVA) Taguchi

Proses meninjau data yang dihasilkan selama perencanaan eksperimental statistik melibatkan penggunaan analisis varians menggunakan ANOVA. Untuk membantu dalam menemukan komponen terkait dan menilai keakuratan estimasi model, metode analisis varians (ANOVA) digunakan. Analisis varians (ANOVA) dilakukan saat bekerja dengan matriks ortogonal dengan menghitung jumlah kuadrat untuk setiap kolom.

b. Uji F

Uji F menawarkan data yang menunjukkan perbedaan ini; hasil analisis ragam tidak membuktikan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh komponen percobaan. Membandingkan varians yang disebabkan oleh masing-masing komponen dengan varians yang disebabkan oleh kesalahan memungkinkan peneliti untuk menguji hipotesis F. Rentang kesalahan adalah sejauh mana setiap subjek dalam pengamatan menunjukkan tingkat variasi sebagai akibat dari faktor eksternal yang berada di luar kendali kita.

c. *Polling Up*

Untuk mendapatkan perkiraan yang lebih akurat dari variasi kesalahan dalam analisis varians, Taguchi datang dengan gagasan penyatuan data. Untuk menghasilkan penilaian keseluruhan yang lebih akurat. Dengan menggabungkan semua komponen menjadi kesalahan yang tidak memiliki bantalan, proses penyatuan selesai.

Diawali dengan penghitungan yang memiliki total kuadrat paling sedikit, pemungutan suara dilakukan secara berurutan (SS). Survei dilakukan sampai faktor yang signifikan diidentifikasi, yang seringkali merupakan faktor yang menjelaskan setidaknya setengah dari variabel independen yang digunakan.

d. Rasio S/N (*signal to noise ratio*)

Saat mengidentifikasi faktor mana, jika ada, yang berkontribusi pada penurunan varians secara keseluruhan dalam respons, rasio S/N digunakan. Rasio *signal-to-noise* (rasio S/N) adalah teknik untuk mengubah data berulang menjadi angka yang berfungsi sebagai pengukur variasi yang akhirnya muncul. Menilai faktor-faktor yang mempengaruhi hasil eksperimen menggunakan rasio *signal-to-noise* sebagai alat.

3.5.6 Interpretasi Hasil Eksperimen

Fase-fase yang mungkin diikuti ketika menerapkan Metode Taguchi untuk mengevaluasi hasil eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Jumlah variasi total yang dapat ditetapkan untuk setiap komponen secara terpisah atau interaksi faktor yang signifikan dikenal sebagai persentase kontribusi (%).

2. Interval kepercayaan

Dihitung sesuai dengan pedoman untuk pemeriksaan hasil eksperimen Taguchi:

1. Interval kepercayaan faktor (CI_f)

2. Interval kepercayaan untuk perkiraan rata-rata.

3.7 Flow Chart Penelitian

