

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
DENGAN Matrik RESIN EPOXY**

(Penelitian)



Oleh :

Nama : Ir. NAJAMUDIN, MT

NIDN : 0219116201

**UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
2017**



UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Hi. Zainal Abidin Pagar Alam No. 26 Bandar Lampung. Phone 0721-701979

SURAT TUGAS

No. 045/ST/FT-UBL/I/2017

Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung dengan ini menugaskan kepada :

N a m a : Ir. Najamudin, MT
NIDN : 0219116201
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jabatan : Dosen Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Untuk melaksanakan kegiatan di bidang penelitian yaitu :

“Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Resin Epoxy”.

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dan sebagaimana mestinya dan setelah dilaksanakan kegiatan tersebut agar melaporkan kepada Dekan.

Bandar Lampung, 23 Januari 2017

Dekan,


Dr.Eng. Fritz Akhmad Nuzir, ST, MA

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Resin Epoxy.
2. Peneliti :
- Nama : Ir. Najamudin, MT
NIDN : 0219116201
Jabatan Fungsional : Lektor
Perguruan Tinggi : Universitas Bandar Lampung
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Pusat Penelitian : LPPM Universitas Bandar Lampung
Alamat : Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No. 26
Bandar Lampung 35142
- Telepon : 0721-701979
Alamat Rumah : Perum Beringin Raya, Jl Mangga 1 Blok 36B No.1
RT.09 - LK II, Kel Pinang Jaya, Kec Kemiling
Bandar Lampung.
- Telepon/HP : 081369045731
Email : najamudin@ubl.ac.id
3. Waktu Pelaksanaan : 6 Bulan

Bandar Lampung, 21 Juli 2017

Dekan Fakultas Teknik



UBL

Dr.Eng. Fritz Akhmad Nuzir, ST, MA

Peneliti,



Ir. Najamudin, MT

Mengetahui,

Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Bandar Lampung.



UBL
LPPM

Ir. Lilies Widodojoko, MT

**LEMBAR PERNYATAAN PENGESAHAN
HASIL VALIDASI KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini Pimpinan Perguruan Tinggi Universitas Bandar Lampung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa **karya ilmiah** sebanyak satu judul yang diajukan sebagai bahan Laporan Beban Kerja Dosen atas nama :

Nama : Ir. Najamudin, MT
NIP : -
NIDN : 0219116201
Pangkat, golongan ruang, TMT : Penata/ III/c
Jabatan, TMT : Lektor, 1 Januari 2001
Bidang Ilmu/Mata Kuliah : Teknik Mesin
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Unit Kerja : Universitas Bandar Lampung Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Mesin

Telah diperiksa dan divalidasi dengan baik, dan kami turut bertanggung jawab bahwa **karya ilmiah** tersebut telah memenuhi syarat kaidah ilmiah, norma akademik, dan norma hukum, sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Pananggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 21 Juli 2017

Validasi :

An. Rektor Universitas Bandar Lampung
Wakil Rektor I Bidang Akademik,


Dr. Ir. Hi. Hery Riyanto, M.T.



UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
(LPPM)

Jl. Z.A. Pagar Alam No : 26 Labuhan Ratu, Bandar Lampung Telp: 701979

SURAT KETERANGAN

Nomor : 242 / S.Ket/LPPM/VII/2017

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Bandar Lampung dengan ini menerangkan bahwa :

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Nama | : Ir. Najamudin.,M.T |
| 2. NIDN | : 0219116201 |
| 3. Tempat, tanggal lahir | : Prabumulih, 19 November 1962 |
| 4. Pangkat, golongan ruang, TMT | : Penata / III.c |
| 5. Jabatan TMT | : Lektor |
| 6. Bidang Ilmu / Mata Kuliah | : Teknik Mesin |
| 7. Jurusan / Program Studi | : Teknik Mesin/Teknik Mesin |
| 8. Unit Kerja | : Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung |

Telah melaksanakan Penelitian dengan judul

: **"Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Resin Epoxy"**.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 24 Juli 2017

Ketua LPPM-UBL

Ir. Lilies Widojoko, M.T

Tembusan:

1. Bapak Rektor UBL (sebagai laporan)
2. Yang bersangkutan
3. Arsip

Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Resin Epoxy

Najamudin

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Kampus A. Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No. 26 Gedung E, Lt. 1

Bandar Lampung 35142

Telp. (0721) 701979

Email : najamudin@ubl.ac.id

Abstrak :

Sifat mekanik material komposit partikel dipengaruhi oleh ukuran partikel. variasi ukuran partikel akan membentuk sifat mekanik yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel terhadap sifat mekanik komposit partikel. Pada penelitian ini variasi ukuran partikel marmer yang digunakan adalah 60 mesh, 100 mesh, dan 140 mesh. Resin yang digunakan adalah resin epoxy, dan perbandingan komposisi volume antara matrix dan partikel yang digunakan pada penelitian adalah 80% : 20% . Metode yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah metode hand lay-Up. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kekuatan bending dan SEM. Hasil dari pengujian kekuatan lentur komposit partikel marmer adalah 13,89-38,89 N/mm². Ukuran partikel yang baik untuk pengisi pada komposit adalah partikel 140 mesh. Komposit partikel marmer yang ukuran partikelnya 140 mesh memiliki kekuatan lentur paling tinggi, karena dari foto SEM komposit 140 mesh distribusi partikel dalam matrix merata, dan terjadi ikatan yang baik antara matrix dan partikel marmer.

Kata kunci: Ukuran partikel marmer, epoksi, Sifat mekanik.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Surat Tugas Penelitian.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Surat Pernyataan Keabsahan Karya Ilmiah.....	iv
Lembar Pernyataan Pengesahan Hasil Validasi Karya Ilmiah.....	v
Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian dari LPPM-UBL.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Batu marmer.....	2
2.2 Pengertian Material Komposit	3
2.3 Komposit Partikel	3
2.4 Matrik.....	3
2.5 Polimer	4
2.6 Termoset.....	4
2.7 Termoplastik	5
2.8 Epoksi.....	5
2.9 Pengujian dan Analisa.....	6
III. METODOLOGI PENELITIAN	7
3.1 Bahan yang digunakan	7
3.2 Alat yang digunakan	7
3.3 Prosedur Penelitian.....	7
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	10
4.1 Hasil Pengujian Bending.....	10
4.2 Pengujian Bending dengan Hydraulic Universal Materral Test	11
4.3 Data hasil uji Bending.....	12
4.4 Pembahasan.....	13
V. Kesimpulan dan Saran	16
5.1 Kesimpulan	16
5.2 Saran.....	16
DAFTAR PUSTAKA	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Batu marmer.....	2
2. Skema Pengujian Bending	6
3. Diagram Alir Proses Penelitian.....	8
4. Cetakan untuk membuat komposit.....	9
5. Dimensi Spesimen Uji Bending.....	10
6. Pengujian Bending Spesimen Komposit Partikel Marmer	11
7. Diagram Ukuran Partikel dan Nilai Kekuatan Komposit Partikel	13
8. Foto SEM Hasil Uji Bending	14

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Mekanis Marmer	3
2. Perbandingan sifat-sifat matrik Thermoset	5
3. Jumlah Spesimen Uji Bending	10
4. Data hasil pengujian bending komposit partikel marmer 60 Mesh	12
5. Data hasil pengujian bending komposit partikel marmer 100 Mesh	12
6. Data hasil pengujian bending komposit partikel marmer 140 Mesh	12
7. Data pengujian kekuatan bending rata-rata komposit partikel marmer	13

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan batu marmer di Indonesia mempunyai prospek yang cerah dan dapat mendukung program pemerintah dalam kebijaksanaan peningkatan ekspor nonmigas. Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat menunjang dalam pengembangan industri marmer, baik dari segi kualitas maupun jumlah cadangan yang dapat dimanfaatkan sampai ratusan tahun.

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia yang cukup pesat, mendorong peneliti untuk menciptakan bahan bangunan alternatif yang memiliki sifat lebih baik dibandingkan bahan yang sudah ada. Salah satu bahan alternatif adalah bahan komposit yang merupakan material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya tidak sama. Salah satu contoh penggunaan produk material komposit adalah sebagai komponen interior rumah.

Pembuatan material komposit dengan menggunakan matriks resin epoksi dan serbuk marmer sebagai penguat akan menghasilkan material komposit dengan sifat-sifat mekanik tertentu. Sifat mekanik material komposit salah satunya dipengaruhi oleh ukuran partikel penguat, variasi ukuran partikel akan membentuk sifat mekanik yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel marmer terhadap sifat mekanik komposit partikel marmer dengan menggunakan resin epoxy sebagai matriknya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat komposit partikel dengan menggunakan resin epoxy sebagai matriks dan partikel marmer sebagai penguatnya.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel marmer terhadap sifat mekanik komposit partikel marmer.
3. Mendapatkan ukuran partikel terbaik komposit partikel marmer.
4. Mengetahui ikatan antara marmer dan epoxy dengan pengujian SEM.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Sifat mekanik yang diamati adalah kekuatan bending , dan pengamatan permukaan patahan menggunakan *Scanning electron microscop* (SEM) komposit partikel marmer.
2. Variasi ukuran partikel yang digunakan dalam penelitian ini 60 mesh, 100 mesh, dan 140 mesh.
3. Resin yang digunakan adalah jenis resin epoxy.
4. Komposisi volume matrix dan partikel yang digunakan adalah 80% : 20%

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batu Marmer

Marmer adalah batuan kristalin yang berasal dari batuan gamping. Marmer yang murni berwarna putih dan terutama di susun oleh mineral kalsit.



Gambar 1 . Batu marmer

Di Indonesia penyebaran marmer tersebut cukup banyak, penggunaan marmer atau batu pualam tersebut biasa dikategorikan kepada dua penampilan yaitu tipe ordinario dan tipe staturio. Tipe ordinario biasanya digunakan untuk pembuatan tempat mandi dan meja, sedangkan tipe staturio dipakai untuk seni pahat dan patung.

Sifat mekanik yang dimiliki batu marmer adalah seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Sifat mekanik marmer :

Sifat Fisis	Nilai
Kerapatan, (g / cm ³)	2,71
Kekerasan, SM (Skala Mosh)	4,32
Kuat tekan, (x 10 ⁵ N/m ²)	880,63
Kuat tarik, (x 10 ⁵ N/m ²)	57,76

2.2 Pengertian Material Komposit

Secara umum material komposit merupakan penggabungan dua atau lebih material berbeda (pengisi atau elemen penguat dan pengikat) yang kemudian disusun secara kombinasi sistematis untuk memperoleh sifat tertentu. Komposit sendiri dapat didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya.

2.3 Komposit Partikel

Komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Partikel sebagai bahan penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Ukuran, bentuk, dan material partikel adalah faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik dari komposit partikel.

Sifat-sifat komposit partikel dipengaruhi beberapa faktor, antara lain:

1. Ukuran dan bentuk partikel
2. Sifat-sifat atau bahan partikel
3. Rancangan partikel
4. Rasio perbandingan antara partikel
5. Jenis matrik.

2.4 Matrik

Matriks adalah bahan dasar pembentuk komposit yang mengikat pengisi dengan tidak terjadi ikatan secara kimia. Matriks dalam suatu komposit polimer berperan untuk mempertahankan posisi dan orientasi serat untuk melindunginya

dari pengaruh lingkungan. Secara umum matrik terdiri dari 3 macam yaitu polimer, logam dan keramik.

2.5 Polimer

Polimer merupakan suatu makro molekul, tersusun dari molekul rantai panjang yang berulang-ulang. Saat ini polimer digunakan secara luas karena sifat polimer lebih ringan dan tidak korosif dibandingkan dengan matrik logam dan harganya yang relatif lebih murah dibandingkan matrik keramik. Polimer terdiri dari banyak monomer yang saling mengikat dalam ikatan kimia membentuk suatu solid. Polimer matrik komposit secara umum terdiri dari tiga macam yaitu termoset, termoplastik dan rubber (karet).

Secara umum terdapat dua macam plastik, yaitu :

2.6 Termoset

Termoset adalah salah satu jenis plastik yang sering digunakan dalam pembuatan komposit dengan penguat serat maupun serbuk. Matrik jenis ini memiliki rantai-rantai molekul yang saling berhubungan sehingga walaupun mengalami pemanasan dan penekanan, masing-masing rantai molekul tidak akan saling bergerak relatif. Matrik akan mencair dan kemudian mengeras bersamaan dengan terbentuknya suatu jaringan ikatan rantai monomer sehingga akan bersifat stabil.

Macam-macam dari plastik jenis termoset antara lain sebagai berikut :

a. Poliester

Poliester merupakan resin cair dengan viskositas relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti resin termoset lainnya, sehingga tidak memerlukan penekanan saat.

b. Epoksi

Resin ini banyak digunakan untuk aplikasi rekayasa karena memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan resin lainnya, antara lain kekuatan tarik serta kekuatan tekan yang tinggi, tahan terhadap bahan kimia, sedikit *volatiles* (Gas-gas pengotor), stabilitas ukuran yang baik, ketahanan termal yang tinggi, dan mudah dibentuk tanpa dipanaskan terlebih dahulu.

c. Fenol

Resin fenol adalah jenis termoset pertama yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Memiliki sifat kestabilan dimensi yang baik, rambatan patahan yang lambat, ketahanan kimia yang baik, dan emisi racun yang rendah pada saat terbakar. Material ini banyak digunakan sebagai peralatan elektronik, dan beberapa peralatan otomotif.

Tabel 2. Perbandingan sifat-sifat matrik termoset

	EPOKSI	POLIESTER	FENOL
Massa jenis (Mg/m ³)	1,1-1,4	1,1-1,5	1,3
Modulus Young (GPa)	2,1-6,0	1,3-4,5	4,4
Kekuatan Tarik (Mpa)	35-90	45-85	50-60

2.7 Termoplastik

Resin ini merupakan jenis resin yang memerlukan pemanasan pada proses pembentukannya. Termoplastik digunakan secara luas sebagai bahan dasar penguat pada plastik. Resin ini mempunyai ikatan linear antara monomer-monomer penyusunnya, sehingga kestabilan struktur kimianya relatif rendah. Reaksi kimia pada termoplastik resin yang bersifat reversibel memungkinkan suatu komponen untuk dibentuk kembali. Sifat-sifat termoplastik adalah densitas antara 1,06 sampai 1,42 kg/m³. Selain itu termoplastik mempunyai sifat isolator yang baik, mempunyai ketahanan sampai temperatur 260⁰ C, mudah dibentuk, dan tahan terhadap korosi yang sangat baik.

2.8 Epoksi

Epoksi atau polyepoxide adalah sebuah polimer epoxide thermosetting yang bertambah bagus bila dicampur dengan pengeras. Kebanyakan resin epoksi diproduksi dari reaksi antara epichlorohydrin dan bisphenol-A. Molekul epoksi menyimpan dua grup cincin pada titik tengahnya yang dapat menyerap baik tekanan maupun temperatur lebih baik dibandingkan grup linier sehingga epoksi resin memiliki ketangguhan, kekakuan, dan ketahanan terhadap panas yang sangat baik. Epoxy adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan

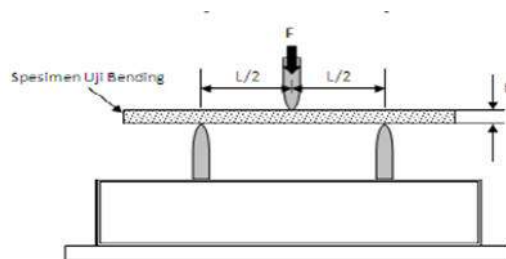
kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoxy resin Paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut "*curing*", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya proses dapat mengambil menit untuk jam.

2.9 Pengujian dan Analisa

Setelah spesimen uji selesai dibuat dapat dilakukan langsung pengujian, pengujian yang akan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari komposit ini antara lain:

a. Uji bending

Pengujian bending pada komposit dilakukan untuk mengetahui kekuatan terhadap beban bending atau kelenturan. Dari pengujian ini akan didapat data beban yang dapat diterima oleh benda uji sebelum terjadi patahan. Skema pengujian bending adalah seperti gambar berikut.



Gambar 2. Skema pengujian bending.

b. Uji SEM

Scanning electron microscop (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat mengamati dan menganalisis karakteristik struktur mikro dari bahan padat yang konduktif maupun nonkonduktif.

Pada penelitian ini pengujian SEM dilakukan pada patahan pada ujian bending yang digunakan adalah perbesaran 150 kali, 1000 kali dan 5000 kali.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Resin epoxy yang berfungsi sebagai matriks dalam komposit.
2. Hardener, untuk mempercepat proses pengerasan komposit.
3. Partikel marmer digunakan sebagai bahan penguat komposit.
4. Waks sebagai bahan pencegah melekatnya komposit pada cetakan.

3.2 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

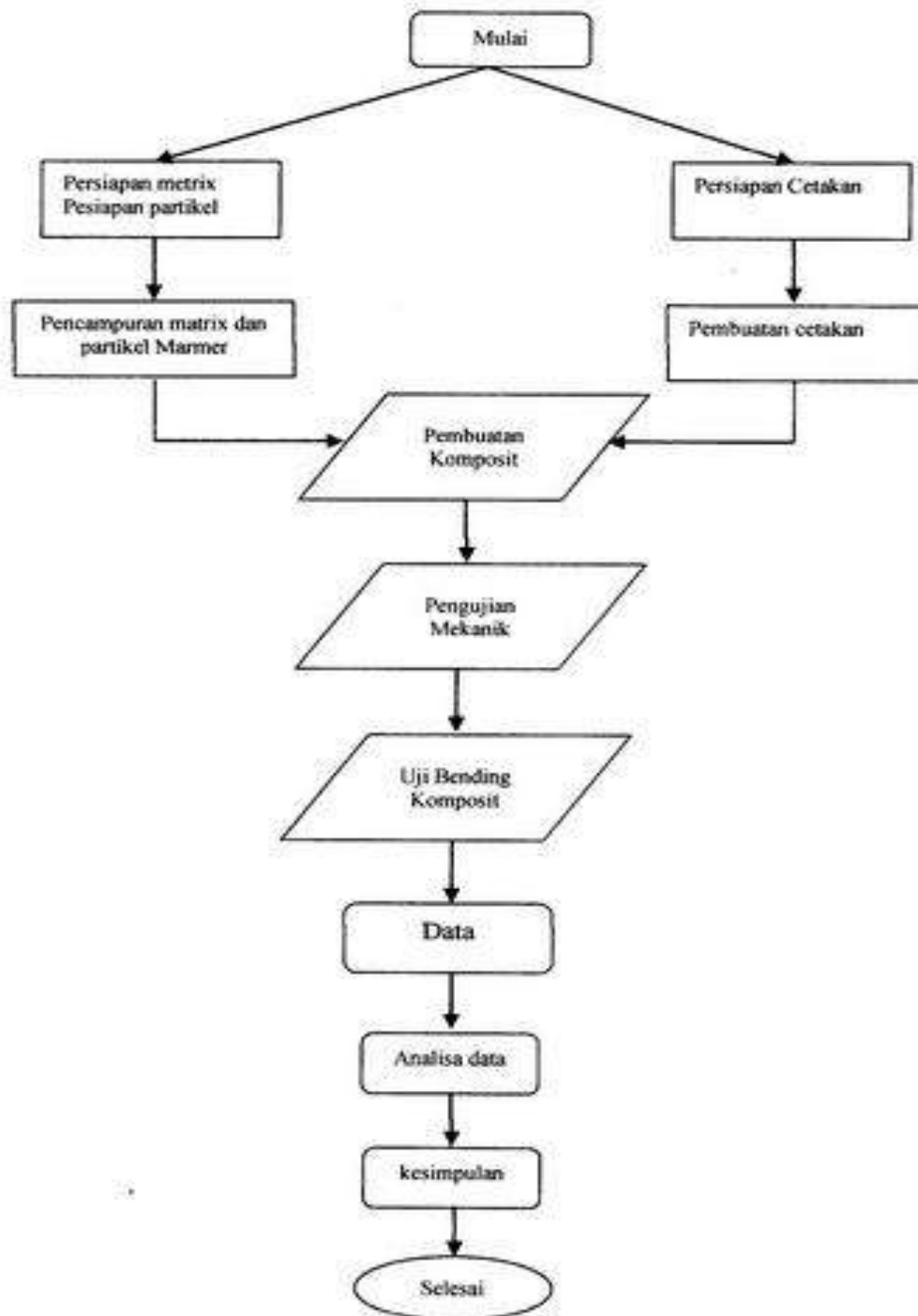
1. *Hydraulic Universal Material Tester* 50 KN, untuk pengujian bending.
2. Alat uji SEM untuk melihat struktur mikro komposit.
3. Ayakan berukuran 60 mesh, 100 mesh, dan 140 mesh untuk menentukan variasi ukuran partikel.
4. Cetakan komposit dari bahan kaca.
5. Wadah dan pengaduk, digunakan sebagai tempat mencampur dan mengaduk matriks dan partikel marmer.
6. Gelas ukur untuk mengukur volume resin epoxy yang digunakan.
7. Timbangan untuk menimbang masa partikel yang digunakan.
8. Gergaji besi untuk memotong spesimen.
9. penggaris untuk mengukur dimensi spesimen uji.
10. Kikir dan amplas digunakan untuk membentuk dan menghaluskan bagian spesimen yang masih kasar agar sesuai dengan ukuran standar.

3.3 Prosedur Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian yang dilakukan dibagi menjadi 4 tahapan, yaitu:

1. Pembuatan cetakan spesimen
2. Pembuatan komposit.
3. Pembuatan spesimen
4. Pengujian dan analisa.

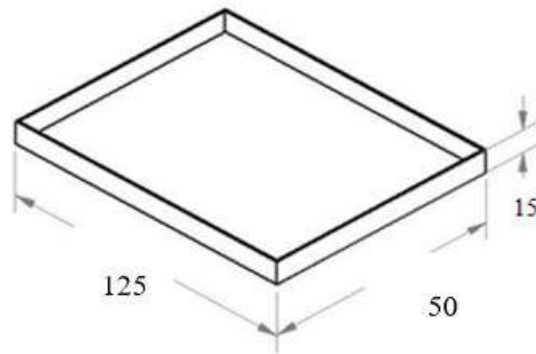
Langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada gambar sekema penelitian berikut :



Gambar 3 . Diagram Alir Proses Penelitian

1. Pembuatan Cetakan

Cetakan dibuat menjadi tiga buah berukuran 125 mm x 50 mm x 15 mm, masing-masing satu buah untuk komposit dengan ukuran partikel 60 mesh, 100 mesh, dan 140 mesh. Komposit yang terbentuk dari cetakan ini berukuran besar, komposit hasil cetakan ini selanjutnya akan dipotong menjadi beberapa sesuai dengan ukuran spesimen uji untuk uji bending .



Gambar 4. Cetakan untuk membuat komposit.

2. Pembuatan Komposit

a. Persiapan bahan penguat

Penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah partikel marmar statuarir. Partikel marmer diperoleh dari limbah proses pemotongan marmer pada industri pengrajin batu marmer. Partikel marmer diayak menggunakan ayakan 60 mesh, 100 mesh, dan 140 mesh untuk memperoleh variasi ukuran partikel.

b. Persiapan matriks

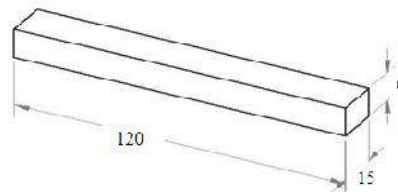
Untuk pembuatan matriks dilakukan dengan mencampur resin epoxy dengan hardener, dengan perbandingan antara resin epoxy dengan hardener yaitu 1:1.

c. Pencampuran matrix dan partikel

Matrix dan partikel marmer dicampur dengan komposisi dengan vraksi volume 80:20 yang kemudian dituangkan dalam cetakan kaca. Volume campuran matrik dan partikel untuk satu variasi adalah 62,5 ml, maka diperoleh komposisi matrix yaitu 50 ml. Sedangkan untuk komposisi partikel marmer yaitu 20% dari volume cetakan yaitu 12,5 ml dimana masa jenis marmer statuari adalah 2,71 gram/cm³

3. Pembuatan Spesimen

Untuk keperluan pengujian komposit dipotong-potong sesuai dengan ukuran standar. Untuk spesimen uji bending dibuat dengan ukuran geometri sesuai standar ASTM D790. Dimensi spesimen uji bending dapat dilihat seperti gambar.



Gambar 5. Dimensi spesimen uji bending.

Dalam penelitian ini spesimen uji bending dibuat sebanyak yang tertera pada tabel 3.

Tabel 3 . Jumlah Spesimen Pengujian Bending.

No	Jenis Spesimen	Variasi Ukuran Partikel		
		60 mesh	100 mesh	140 mesh
1	Uji Bending	3	3	3
Jumlah Spesimen		3	3	3

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bending

Untuk spesimen uji bending dibuat dengan ukuran geometri sesuai standar ASTM D790. Dimensi spesimen uji bending dapat dilihat seperti gambar 10.

Matrix dan partikel marmer dicampur dengan komposisi dengan rasio volume 80:20 yang kemudian dituangkan dalam cetakan kaca. Volume campuran matrik dan partikel untuk satu variasi adalah 62,5 ml, maka diperoleh komposisi matrik yaitu 50 ml. Sedangkan untuk komposisi partikel marmer yaitu 20% dari volume cetakan yaitu 12,5 ml dimana massa jenis marmer statuari adalah 2,71 gram/cm³ maka massa partikel yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned} M &= \frac{M}{V} \times v \\ &= 2,71 \text{ gram/cm}^3 \times 12,5 \text{ ml} \\ &= 33,8 \text{ gram} \end{aligned}$$

4.2 Pengujian bending dilakukan menggunakan alat *Hydraulic Universal Material Tester 50kN*.



Gambar 6. Pengujian Bending Spesimen Komposit Partikel Marmer

Dari gambar diatas terlihat metode pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji dengan kapasitas maksimum 50kN. dimana specimen yang sudah siap diuji diletakan diatas dua buah penopang yang berjarak 100 mm, jarak ini dapat disesuaikan berdasarkan panjang specimen yang kita buat. dari jarak tersebut kita akan dapat mengetahui berapa besar kekuatan bending yang dimiliki oleh material yang akan kita uji, dengan cara menggerakkan busur penekan sampai batas maksimum ketahanan specimen terhadap gaya yang diterimanya. pada monitor control akan terbaca secara otomatis besarnya gaya yang diberikan pada specimen sampai mengakibatkan specimen retak atau patah.

monitor control yang digunakan untuk memonitoring pergerakan angka yang merupakan gaya (F/kN), perubahan angka yang terlihat pada monitor diakibatkan trus Bergeraknya busur penekan pada alat uji bending yang artinya specimen masih menerima gaya tekan dari busur penekan.

data yang terbaca pada monitor merupakan data awal yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kekuatan bending yang dimiliki oleh specimen komposit. data tersebut nantinya akan diinput pada calculate program dimana program akan secara otomatis menghitung besarnya kekuatan bending pada komposit. Berdasarkan teori peningkatan tingkatan ukuran mesh partikel penguat, pada dasarnya mampu meningkatkan nilai bending.

4.3 Hasil Uji Bending

Tabel 4. Data hasil pengujian bending komposit partikel marmer 60 mesh

No	Spesimen	B (mm)	H (mm)	L (mm)	F _{max} (N)	σ _B (N/mm ²)
1	60 Mesh	15	6	100	50	13,89
2	60 Mesh	15	6	100	50	13,89
3	60 Mesh	15	6	100	50	13,89

Tabel 5. Data hasil pengujian bending komposit partikel marmer 100 mesh

No	Spesimen	B (mm)	H (mm)	L (mm)	F _{max} (N)	σ _B (N/mm ²)
1	100 Mesh	15	6	100	100	27,78
2	100 Mesh	15	6	100	120	33,33
3	100 Mesh	15	6	100	100	27,78

Tabel 6. Data hasil Pengujian bending komposit partikel marmer 140 mesh

No	Spesimen	B (mm)	H (mm)	L (mm)	F _{max} (N)	σ _B (N/mm ²)
1	140 Mesh	15	6	100	140	38,89
2	140 Mesh	15	6	100	140	38,89
3	140 Mesh	15	6	100	140	38,89

4.4 Pembahasan

Tabel 7. Data Pengujian kekuatan bending rata-rata komposit partikel marmer

Ukuran partikel (mesh)	Kekuatan Lentur (<i>flecture Strength</i>) (N/mm ²)			Kekuatan Lentur Rata-rata (N/mm ²)
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
60	13,89	13,89	13,89	13,89
100	27,78	33,33	27,78	29,63
140	38,89	38,89	38,89	38,89

Dari tabel diatas terlihat bahwa gaya maksimum (F_{max}) tiap-tiap spesimen hampir sama atau seragam pada tiga kali pengulangan yang dilakukan, gaya maksimum terendah terjadi pada ukuran partikel 60 mesh yaitu sebesar 50 N. sedangkan untuk ukuran partikel 100 mesh sebesar 100 sampai 120 N, gaya maksimum terbesar terjadi pada ukuran partikel 140 mesh yaitu sebesar 140 N. data ini menunjukkan bahwa adanya variasi ikatan yang terjadi antara partikel marmer dengan resin epoxy, dimana variasi tersebut berpengaruh terhadap kekuatan bending pada specimen komposit.



Gambar 7. Diagram Hubungan Antara Ukuran Partikel Terhadap Nilai Kekuatan Bending Komposit Partikel Marmer

Dari data hasil pengujian bending menunjukkan bahwa nilai kekuatan lentur komposit partikel marmer adalah 13,89 N/mm² sampai 38,89 N/mm². Dari diagram hubungan antara ukuran partikel marmer terhadap nilai kekuatan lentur komposit partikel marmer di atas dapat kita lihat bahwa nilai kekuatan lentur komposit terendah terjadi pada komposit ukuran partikel 60 mesh yaitu 13,89 N/mm².

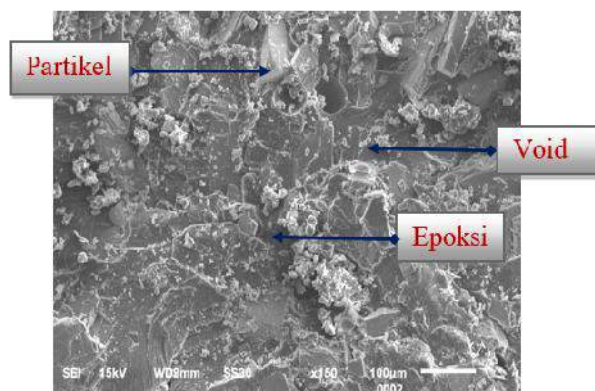
Nilai kekuatan lentur komposit partikel marmer meningkat dari nilai kekuatan lentur komposit partikel 60 mesh hingga mencapai nilai maksimum pada komposit partikel 140 mesh yaitu sebesar 38,89 N/mm². Pada komposit partikel 60 mesh sampai 140 mesh nilai kekuatan lentur komposit sesuai dengan teori, dimana semakin halus ukuran partikel maka kekuatannya semakin tinggi.

Pengujian SEM (*Scanning electron microscop*)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengamati atau menganalisa bentuk serta struktur ikatan yang terjadi antara partikel marmer dengan matrik. karena struktur ikatan yang terjadi pada komposit akan mempengaruhi sifat mekanik yang dimiliki oleh material komposit itu sendiri.

Dari komposisi volume campuran resin dan partikel yang digunakan pada pembuatan komposit ini dapat dilihat pada hasil foto SEM pada gambar dibawah. Terlihat bahwa spesimen ini memiliki kepadatan yang cukup baik, meskipun dibeberapa bagian terdapat pori-pori.

Foto SEM pada permukaan patahan komposit akibat pengujian bending dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8. Foto SEM Hasil uji Bending Komposit 140 mesh

Dari foto SEM permukaan patahan hasil uji bending pada perbesaran 150 kali terlihat pada daerah di sekitar partikel tidak terlihat adanya rongga antara partikel dan matrik. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan yang terjadi antara partikel dengan matrik cukup baik. Selain itu dari foto SEM pada patahan hasil uji bending terlihat juga terdapat dua buah void yang diameternya sekitar 50 μ m pada patahan komposit. Void yang muncul pada komposit merupakan salah satu faktor penyebab kegagalan pada komposit.

Kekuatan lentur untuk batu marmer padat yaitu sebesar 13,6 N/mm² (Pritria Rina, 2008), nilai ini lebih kecil dari nilai kekuatan lentur yang dimiliki oleh komposit partikel marmer. Penambahan resin epoxy sebagai matrix pada komposit partikel marmer dapat meningkatkan kekuatan lentur komposit partikel marmer. Hal tersebut dikarenakan pada komposit marmer terjadi ikatan antara partikel marmer dengan epoxy yang dapat menambah kekuatan saat sampel diberi gaya bending.

Pada uji bending, resin *epoxy* yang berperan untuk mempertahankan struktur komposit akibat adanya pengaruh gaya dari luar. Kekuatan patah ini berkaitan dengan komposisi, struktur bahan, pori-pori dan ukuran butiran. Pada penelitian yang dilakukan Budiarto nilai kekuatan lentur komposit partikel granit terjadi pada komposit partikel 140 mesh yaitu 37,8 MPa, nilai ini sedikit lebih kecil dibandingkan dengan komposit partikel marmer pada penelitian ini yang memiliki kekuatan lentur sebesar 38,89 N/mm².

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil penelitian dan hasil pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data hasil pengujian bending yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar ukuran partikelnya maka semakin rendah kekuatan bendingnya.
2. Komposit partikel marmer yang ukuran partikelnya 140 *mesh* memiliki kekuatan lentur paling tinggi yaitu 38,89 N/mm² karena ukuran partikel yang halus dan distribusi partikel yang merata.
3. Ukuran partikel terbaik untuk penguat pada komposit adalah partikel 140 mesh, karena partikel 140 mesh yang halus maka ikatan antara matrik dan partikel lebih baik.
4. Secara keseluruhan factor kegagalan pada komposit yang berpenguat partikel marmer adalah kurang meratanya ikatan yang terjadi antara partikel marmer dengan matrik, hal ini disebabkan oleh besarnya void yang terjadi. void ini menunjukkan bahwa terjadinya rongga yang mengakibatkan terjebaknya udara didalam specimen komposit.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pada penelitian selanjutnya diharapkan lebih dicermati metode yang digunakan, lamanya waktu pengadukan dan dalam proses pengeringan harus diperhatikan untuk mencegah terjadinya pori, karena pori dapat mempengaruhi kekuatan lentur komposit.

1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih bervariasi terhadap sifat mekanik lainnya seperti uji tarik, uji impact, dan uji tekan.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu ditinjau mengenai pengaruh variasi volume dan jenis resin yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ana Armalia K. 2008. *Analisis Kristal dan Morfologi Permukaan Komposit Partikel Marmer Kalsit*. IPB.
2. Antonia, Y.T.2004. komposit laminat bambu serat woven sebagai bahan alternatif fiberglass pada kulit. ITS : Surabaya.
3. Bodja Suwanto, 2012. Pengaruh Temperatur Post-Curing Terhadap KekuatanTarik Komposit Epoksi Resin Yang Diperkuat Woven Serat Pisang. Politeknik Negeri Semarang.
4. Budiarto dkk. 2004. *Optimasi Ukuran Partikel dan Komposisi Dalam Pembuatan Tegel Komposit Partikulat Granit*, Puslibang Iptek Bahan (P3IB)–BATAN.
5. Ferriyal. 2005.*Pemanfaatan Bubuk Marmer Hasil Olahan Industri Batu Marmer Untuk Bahan Campuran Pembuatan Paving Block Sebagai Upaya Minimisasi Limbah*. UNDIP, Semarang.
6. Ludi Hartanto 2009. *Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending , Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Poliyester BQTN 157*, Universitas Muhamadyah Surakarta.
7. Pramono, Agus. 2012. *Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
8. Pritria Rina, 2008. *Uji Sifat Mekanik dan Listrik Komposit Partikel Marmer Kalsit*, IPB.
9. Sulistia Rudi, 2006. *Pengaruh Fraksi Volume Komposit Poliester Yang Diperkuat Serbuk Sekam Padi (Rice Husk Flour) Terhadap Sifat Mekaniknya*, Universitas Brawijaya.
10. Surdia, Tata. 1999. Pengetahuan bahan teknik. Pradnya paramita: jakarta.