

**PENGARUH WAKTU PERLAKUAN FUMIGASI SERAT DAN
PENAMBAHAN *MICROCRYSTALLINE CELLULOSE* (MCC)
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
*UNSATURATED POLYESTER SERAT CANTULA***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**



Oleh :

NUGRAHA WAHYU PRATAMA

NIM. I0416066

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2021



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKANTINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR PROGRAM

SARJANA TEKNIK MESIN UNS

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **0999/TA/S1/11/2020**

Nama : **NUGRAHA WAHYU PRATAMA**
NIM : **10416066**
Bidang : **Ilmu Bahan**
Pembimbing 1 : **Prof.Dody Ariawan, ST, MT, PhD/197308041999031003**
Pembimbing 2 : **Dr. Eko Surojo., ST,MT/196904112000031006**

Penguji : **1. Prof. Dr. Joko Triyono, ST, MT/
196906251997021001**
**2. Dr. Wahyu Purwo Raharjo, ST,MT/
197202292000121001**

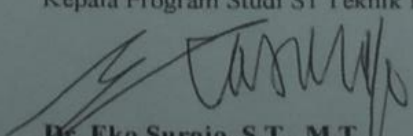
Mata Kuliah Pendukung

1. **Teknologi Komposit(Ms04033-15)**
2. **Karakterisasi Material(Ms04093-15)**
3. ()

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH WAKTU PERLAKUAN FUMIGASI SERAT DAN
PENAMBAHAN MICROCRYSTALLINE CELLULOSE
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
UNSATURATED POLYESTER SERAT CANTULA"**


Surakarta, 2020-11-19 09:00:01
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,


Dr. Eko Surojo, S.T., M.T.
NIP. 196904112000031006

PERNYATAAN INTEGRITAS

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tugas akhir ini yang berjudul **Pengaruh Waktu Perlakuan Fumigasi Serat Dan Penambahan *Microcrystalline Cellulose* Terhadap Sifat Mekanik Komposit *Unsaturated Polyester Serat Cantula*** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali tertulis diacu dalam laporan ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika terdapat hal – hal yang tidak sesuai, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surakarta, 28 Agustus 2021



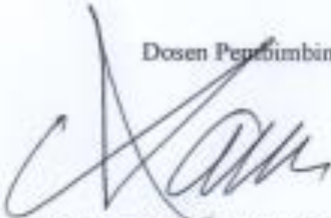
Nugraha Wahyu Pratama

**PENGARUH WAKTU PERLAKUAN FUMIGASI SERAT DAN
PENAMBAHAN MICROCRYSTALLINE CELLULOSE
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
UNSATURATED POLYESTER SERAT CANTULA**

Disusun Oleh

NUGRAHA WAHYU PRATAMA
NIM : 10416066

Dosen Pembimbing 1



PROF. DODY ARIAWAN, S.T, M.T, PhD.
NIP. 197308041999031003

Dosen Pembimbing 2



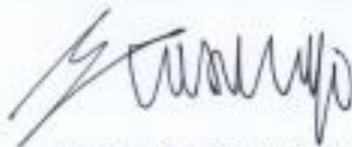
Dr. EKO SUROJO., S.T,M.T.
NIP. 196904112000031006

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal, pukul, bertempat di.

1. PROF. DR. JOKO TRIYONO, ST, MT
196906251997021001
2. DR. WAHYU PURWO RAHARJO, ST,MT
197202292000121001
- 3.

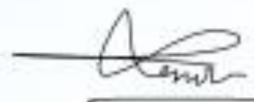


Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. EKO SUROJO., S.T,M.T.
NIP. 196904112000031006

Koordinator Tugas Akhir



Dr.RENDY ADHI RACHMANTO., ST,MT
NIP. 197101192000121006

**PENGARUH WAKTU PERLAKUAN FUMIGASI SERAT DAN
PENAMBAHAN *MICROCRYSTALLINE CELLULOSE* (MCC) TERHADAP
SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
*UNSATURATED POLYESTER SERAT CANTULA***

Nugraha Wahyu Pratama

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta

Indonesia

Email: nugra@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh perlakuan fumigasi serat dan penambahan *microcrystalline cellulose* (MCC) terhadap nilai densitas, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan impak dan *poisson's ratio* komposit UPRs-*cantula*. Serat *cantula* diasapi selama 0, 5, 10, dan 15 jam menggunakan sabut kelapa dengan temperatur $\pm 60^{\circ}\text{C}$. Komposisi komposit terdiri dari serat *cantula* $V_f = 30\%$ dari total fraksi volume komposit, *unsaturated polyester* $V_f = 70\%$ dari total fraksi volume komposit dan *microcrystalline cellulose* $V_f = 5\%$ dari total fraksi volume matrik *unsaturated polyester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai densitas, kekuatan tarik, dan modulus elastisitas tertinggi ada pada perlakuan fumigasi selama 10 jam. Sedangkan, nilai tertinggi *poisson's ratio* dan kekuatan impak ada pada komposit *unsaturated polyester* berpenguat serat *cantula* tanpa perlakuan fumigasi. Kemudian, penambahan filler *microcrystalline cellulose* juga dapat meningkatkan kekuatan mekanik komposit UPRs-*cantula*. Patahan komposit tanpa perlakuan fumigasi didominasi patahan *fiber pull out*, sedangkan pada perlakuan fumigasi didominasi patahan *fiber breakage*.

Kata kunci : Perlakuan fumigasi, serat *cantula*, *microcrystalline cellulose*.

***THE EFFECT OF FUMIGATION TREATMENT TIME OF FIBER AND
ADDITIONAL MICROCRYSTALLINE CELLULOSE (MCC) ON
MECHANICAL PROPERTIES OF UNSATURATED POLYESTER
CANTULA FIBER***

Nugraha Wahyu Pratama

*Departement of Mechanical Engineering Faculty of Engineering Sebelas Maret
University*

Surakarta

Indonesia

E-mail : nugra@student.uns.ac.id.

ABSTRACT

This study aims to investigate the effect of fiber fumigation treatment and the addition of microcrystalline cellulose (MCC) on the values of density, tensile strength, modulus of elasticity, impact strength and poisson's ratio of UPRs-cantula composite. The cantula fiber was fumigated for 0h, 5 h, 10 h, and 15 h using coconut skin at a temperatur of $\pm 60^{\circ}\text{C}$. The composite composition consisted of cantula fibers $V_f = 30\%$ of the total volume fraction of the composite, unsaturated polyester $V_f = 70\%$ of the total composite volume fraction and microcrystalline cellulose $V_f = 5\%$ of the total volume fraction of the unsaturated polyester matrix. The results showed that the highest density, tensile strength, and modulus of elasticity were found in the fumigation treatment for 10 hours. Meanwhile, the highest Poisson's ratio and impact strength were in unsaturated polyester composites reinforced with cantula fiber without fumigation treatment. Then, the addition of microcystalline cellulose filler can also increase the mechanical strength of the UPRs-cantula composite. Composite fracture without fumigation treatment was dominated by fiber pull out fracture, while in fumigation treatment fracture was dominated by fiber breakage.

Keyword : Fumigation treatment, cantula fibers, microcrystalline cellulose.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan SKRIPSI dengan judul “Pengaruh Waktu Perlakuan Fumigasi Serat dan Penambahan *Microcrystalline Cellulose* (MCC) Terhadap Sifat Mekanik Komposit *Unsaturated Polyester* Serat *Cantula*”.

Penyusunan SKRIPSI ini untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin UNS. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam SKRIPSI, terutama pada:

1. Bapak Prof. Dody Ariawan, S.T., M.T., PhD., selaku Pembimbing I yang memberikan bimbingan, arahan, dan nasehat yang sangat berguna bagi penulis
2. Bapak Dr. Eko Surojo, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang turut serta memberikan bimbingan, arahan, nasehat bagi penulis
3. Bapak Dr. Eko Surojo, S.T., M.T., selaku kepala Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret yang memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
4. Bapak Prof. Dr. Joko Triyono, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Wahyu Purwo Raharjo, S.T., M.T., selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran bagi penulis.
5. Orang tua penulis, Ibu dan Bapak serta adik penulis yang terus mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Dosen-dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, atas ilmu yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
7. Bapak Sakuri Dahlan yang selalu memberi semangat serta ilmu kepada penulis dan selalu mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi.
8. M. Ihsan Triwibowo, Muhammad Ghozali, dan Muhammad Rafidya Bintang yang selalu menjadi teman penelitian untuk memberi semangat dan dukungan pada penulis.

9. Seluruh rekan di *Research Group Natural Fiber Composites*, yang selalu memberikan dukungan semangat kepada penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Teman-teman Laboratorium Material Teknik Mas Fahmi, Mas Hammar, Mas Ganjar dan yang lainnya yang terus membimbing penulis.
11. Teman-teman PISTON UNS yang selalu solid yang membuat penulis tetap bersemangat dan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh rekan mahasiswa Teknik Mesin UNS, yang sudah memberi ilmu kepada penulis dan selalu mendukung penulis dalam segala kegiatan akademik serta kegiatan organisasi.

Penulis sadari dalam penulisan dan penyusunan SKRIPSI ini masih ada banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis harapkan kritik dan saran agar menghasilkan karya yang lebih baik. Akhir kata, penulis berharap SKRIPSI ini dapat disetujui dan berguna dan menambah khasanah keilmuan.

Surakarta, 28 Agustus 2021

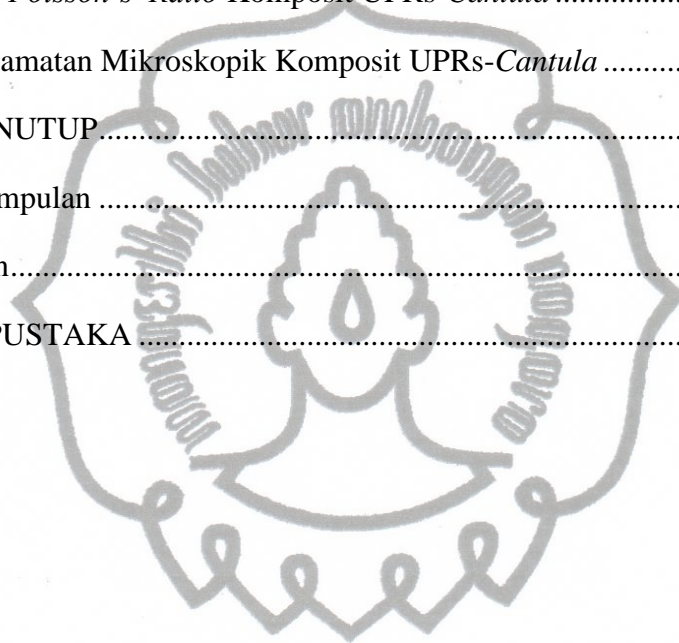
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SURAT TUGAS.....	ii
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2. Dasar Teori.....	10
2.2.1. Komposit.....	10
2.2.2. Serat <i>Cantula</i>	12

2.2.3. <i>Unsaturated Polyester (UPRs)</i>	13
2.2.4. <i>Microcrystalline Cellulose (MCC)</i>	13
2.2.5. Fumigasi.....	14
2.3. Uji Spesimen	15
2.3.1. Uji Densitas	15
2.3.2. Uji Tarik	15
2.3.3. Pengujian Impak.....	17
2.3.4. Uji <i>Poisson's Ratio</i>	19
2.4. Hipotesis.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Tempat Penelitian.....	21
3.2. Bahan Penelitian.....	21
3.3. Alat Penelitian.....	24
3.4. Alat Uji.....	28
3.5. Parameter.....	32
3.6. Langkah Kerja Penelitian.....	32
3.6.1. Persiapan Serat <i>Cantula</i>	32
3.6.3. Tahap Pengujian.....	36
3.6.4. Tahap Analisis.....	36
3.6.2. Proses Pembuatan Komposit.....	36
3.7. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji.....	38
3.7.1. Uji Tarik	38
3.7.2. Uji Impak	38
3.8. Variabel Penelitian	39
3.8. Diagram Alir Penelitian	40
3.9. Jadwal Penelitian.....	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Densitas Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	43
4.2. Sifat Tarik Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	44
4.2.1. Kekuatan Tarik Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	44
4.2.2. Modulus Elastisitas Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	46
4.3. Kekuatan Impak Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	48
4.4. Nilai <i>Poisson's Ratio</i> Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	49
4.5. Pengamatan Mikroskopik Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	50
BAB V PENUTUP.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kekuatan Tarik Serat Cantula	6
Gambar 2. 2 Modulus Elastisitas Serat	6
Gambar 2.3. Hubungan Kekuatan Tarik-Waktu Perendaman Asap Cair Serat <i>Cantula</i>	7
Gambar 2. 4 Hubungan Kekuatan Tarik-Fraksi Volume Serat Kersen	8
Gambar 2. 5 Hubungan Kekuatan Impak-Fraksi Volume Serat Nanas-Nanasan	8
Gambar 2. 6 Hubungan Fraksi Volume Filler <i>Microcrystalline Cellulose</i> (MCC) Terhadap Kekuatan Tarik UPRs-MCC	9
Gambar 2. 7 Hasil Kekuatan Tarik Komposit serat pisang- <i>sisal-poliester</i> dengan metode RTM dan CM	10
Gambar 2. 8 Struktur Kimia <i>Ester</i>	13
Gambar 2. 9 Struktur <i>Microcrystalline Celullose</i>	14
Gambar 2. 10 Stuktur Kimia <i>Microcrystalline Celullose</i>	14
Gambar 2. 11 Penampang Spesimen Uji Tarik.....	16
Gambar 2. 12 Peletakan Spesimen Uji Impak Izod	18
Gambar 3. 1 Serat <i>Cantula</i>	21
Gambar 3. 2 <i>Unsaturated Polyester</i>	22
Gambar 3. 3 <i>Microcrystalline Celullose</i> (MCC).....	22
Gambar 3. 4 Katalis.....	23
Gambar 3. 5 Serabut Kelapa	23
Gambar 3. 6 <i>Wax Mirror Glaze</i>	24
Gambar 3. 7 <i>Compression Molding</i>	25
Gambar 3. 8 Timbangan Digital	25
Gambar 3. 9 Oven	26
Gambar 3. 10 Gunting.....	26
Gambar 3. 11 Proses Fumigasi Serat	27
Gambar 3. 12 Termometer Inframerah	27
Gambar 3. 13 Skema Uji Densitas	28
Gambar 3. 14 <i>Universal Testing Machine</i>	29
Gambar 3. 15 Impak Izod.....	30

Gambar 3. 16. Skema Data Akuisisi <i>Poisson's Ratio</i>	31
Gambar 3. 17. Alat Uji SEM.....	32
Gambar 3. 18. Tanaman <i>Cantula</i>	33
Gambar 3. 19. Metode Ekstraksi Serat <i>Cantula</i>	33
Gambar 3. 20 Mulai pembakaran serabut kelapa.....	34
Gambar 3. 21 Menempatkan serabut kelapa setelah asap dan temperatur mulai stabil pada 40°C sampai 60°C	34
Gambar 3. 22 Membalik serat setiap satu jam sekali selama 10 jam.....	35
Gambar 3. 24 Proses Pemotongan Serat <i>Cantula</i>	35
Gambar 3. 25. Proses Pembuatan Komposit.....	37
Gambar 3. 26. Spesimen Uji Tarik (ASTM D638).....	38
Gambar 3. 27. Spesimen Uji Impak (ASTM D5941)	38
Gambar 3. 28. Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4. 1 Densitas Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	43
Gambar 4. 2 Kekuatan Tarik Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	45
Gambar 4. 3 Modulus Elastisitas Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	47
Gambar 4. 4 Kekuatan Impak Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	49
Gambar 4. 5 (a) Pengamatan Patahan <i>Neat Unsaturated Polyester</i> (b) Pengamatan Patahan UPRs Berpenguat MCC.....	51
Gambar 4. 6 (a) Pengamatan patahan komposit tanpa perlakuan (b) Pengamatan patahan komposit fumigasi 10 jam.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Densitas Komposisi Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	37
Tabel 3. 2 Komposisi uji Tarik Komposit UPRs- <i>Cantula</i> Vf 30%	37
Tabel 3. 3 Komposisi Uji Impak Komposit UPRs- <i>Cantula</i> Vf 30%	38
Tabel 3. 4. Jenis Uji dan Jumlah Spesimen Setiap Variasi	36
Tabel 3. 5. Jadwal Penelitian.....	41
Tabel 4. 1 Hasil <i>Poisson's Ratio</i> Komposit UPRs- <i>Cantula</i>	49



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Densitas Komposit ASTM D792.....	15
Rumus 2.2 Rumus Kekuatan Tarik Komposit	15
Rumus 2.3 Rumus Regangan Tarik Komposit.....	16
Rumus 2.4 Rumus Kekuatan Tarik Teoritis Komposit.....	16
Rumus 2.5 Rumus Modulus Elastisitas Komposit.....	16
Rumus 2.6 Rumus Modulus Elastisitas Teoritis Komposit	17
Rumus 2.7 Rumus Berat Pendulum Uji Impak.....	18
Rumus 2.8 Rumus Total Energi Serap Kekuatan Impak	18
Rumus 2.9 Turunan Rumus Total Energi Serap Kekuatan Impak.....	18
Rumus 2.10 Rumus Kekuatan Impak Komposit.....	18
Rumus 2.11 Rumus Nilai <i>Poisson's Ratio</i>	19
Rumus 2.12 Rumus Beda Tegangan Listrik <i>Strain Gauge</i>	19
Rumus 2.13 Rumus Regangan <i>Strain Gauge</i>	20

DAFTAR NOTASI

ρ	= massa jenis komposit (kg/m^3)
m_u	= massa komposit di udara (kg)
m_a	= massa komposit di air (kg)
ρ_a	= massa jenis air pada temperature ruangan (kg/m^3)
σ	= kekuatan tarik (N.m^{-2})
A_0	= luas penampang (m^2)
F	= beban arah tegak lurus penampang (N)
ε	= regangan (%)
L_1	= panjang spesimen setelah mengalami deformasi (m)
L_0	= panjang spesimen awal (m)
ΔL	= pertambahan panjang (m)
E	= modulus elastisitas (N.m^{-2})
w	= berat pendulum (N)
R	= jarak dari pusat rotasi pendulum ke pusat massa (m)
β	= sudut pantul lengan ayun ($^\circ$)
α'	= sudut naik awal lengan ayun ($^\circ$)
W	= energi total yang diserap (J)
β'	= sudut pantul lengan ayun tanpa mengenai benda ($^\circ$)
α	= nilai kekuatan impak (Kj/m^2)
h	= ketebalan benda uji (m)
b	= lebar benda uji (m)
ν	= nilai <i>poisson's ratio</i>
ε_l	= regangan arah lateral (%)
ε_a	= regangan arah aksial (%)
ΔE_a	= beda tegangan listrik keluar (volt)
ΔE_{out}	= beda tegangan listrik keluar sebelum <i>amplifier</i> (volt)
ΔE_{in}	= beda tegangan listrik masuk (volt)