

TUGAS AKHIR

PENGARUH PROSES *THERMOFORMING* KOMPOSIT *MINERAL CASTING* BERPENGUAT *CARBON NANOTUBES* (*CNTs*) DAN SILIKON DIOKSIDA (SiO_2) TERHADAP SIFAT MEKANIS



**MUHAMMAD KHAIRUL
NIM. 1811102442009**

**DOSEN PEMBIMBING
KHANIF SETIYAWAN, S. T., M. T**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR
SAMARINDA
2022**

TUGAS AKHIR

**Pengaruh Proses *Thermoforming* Komposit *Mineral Casting*
Berpenguat *Carbon Nanotubes (CNTs)* dan Silikon Dioksida
(SiO_2) terhadap Sifat Mekanis**



**Muhammad Khairul
NIM. 1811102442009**

**Dosen Pembimbing
Khanif Setiyawan, S. T., M. T**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR
SAMARINDA
2022**

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, pertama-tama saya ucapkan syukur dan terimakasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatnya. Yang tidak henti-hentinya memberikan petunjuk dan memberikan kelancaran atas terselesaikannya tugas akhir saya dengan baik. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak dan ibu saya yang selalu mendoakan dan membiayai kuliah saya serta memberikan motivasi dan contoh dalam membentuk karakter saya.
2. Dosen-dosen di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, khususnya bapak Khanif Setiyawan, S. T., M. T, ibu Ir. Anis Siti Nurroh kayati, S, T., M.T, bapak Binyamin, S. T., M. T, bapak Sigiet Haryo Pranoto, S. T., M. Eng, bapak Andi Nugroho, S. T., M. T dan seterusnya tanpa menyebutnya satu persatu yang telah memberikan inspirasi dan motivasi kepada saya.
3. Saudara-saudara dan keluarga saya yang selalu membantu dan mendukung dalam menyelesaikan proses studi saya.
4. Teman-teman pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HMTM) Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
5. Teman-teman seperjuangan khususnya angkatan 2018, Muhammad Iqsal Oktavani, Dadang Yulianto, Dheka Panji Yustian dan Rholand Tangdilintin yang selalu memberikan motivasi, bantuan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PROSES *THERMOFORMING* KOMPOSIT *MINERAL CASTING* BERPENGUAT *CARBON NANOTUBES (CNTs)* DAN SILIKON DIOKSIDA (SiO_2) TERHADAP SIFAT MEKANIS

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

di

Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur

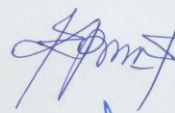


Oleh :

Muhammad Khairul

NIM. 1811102442009

Tanggal Ujian : 30 Juni 2022

Disetujui oleh :

1. Khanif Setiyawan, S. T., M. T (Pembimbing) 
NIDN. 1123057301
2. Hery Tri Waloyo, S. T., M. T (Penguji I) 
NIDN. 1107108702
3. Ir. Anis Siti Nurrohkavati, S. T., M. T (Penguji II) 
NIDN. 1114019202



Ketua Prodi S1 Teknik Mesin,

Ir. Anis Siti Nurrohkavati, S. T., M. T

NIDN.1114019202

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Khairul
Program Studi : S1 Teknik Mesin
NIM : 1811102442009

“PENGARUH PROSES *THERMOFORMING* KOMPOSIT *MINERAL CASTING BERPENGUAT CARBON NANOTUBES (CNTs)* DAN SILIKON DIOKSIDA (SiO₂) TERHADAP SIFAT MEKANIS”

Menyatakan bahwa benar hasil penulisan tugas akhir ini berdasarkan penelitian mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan, dan bukan merupakan karya orang lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Referensi yang dirujuk dan dikutip seluruhnya telah ditulis secara lengkap di daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Samarinda, 30 Juni 2022

Yang membuat pernyataan



Muhammad Khairul

NIM. 1811102442009

**Pengaruh Proses *Thermoforming* Komposit *Mineral Casting*
Berpenguat *Carbon Nanotubes (CNTs)* dan Silikon Dioksida (SiO_2)
terhadap Sifat Mekanis**

Nama : Muhammad Khairul
NIM : 1811102442009
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Khanif Setiyawan, S. T., M. T

Abstrak

Sebagai pengganti logam komposit material telah diimplementasikan pada komponen mesin, material komposit diharapkan meningkatkan sifat material. Untuk pembentukan komposit sangat penting dilakukan pemilihan material dan perlakuan suatu bahan. Pengembangan pengecoran mineral sesuai fungsi struktur dinamis terus ditingkatkan untuk pencapaian sifat mekanis yang lebih baik. Untuk mengetahui karakteristik struktur dan sifat mekanis komposit pada proses *thermoforming* adalah tujuan penelitian ini. Mengetahui pengaruh komposisi terbaik pada komposit dengan perlakuan *thermoforming* mengacu pada standar ASTM. Penelitian yang dipilih adalah penelitian eksperimen secara langsung. Penelitian dilaksanakan dengan menentukan atau merekayasa kondisi-kondisi tertentu pada spesimen uji. Penelitian ini menggunakan metode taguchi dengan analisis varians untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dengan *orthogonal array* yang diterapkan adalah $L_9 (3^4)$. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai terbesar kekerasan yaitu 335.00 HV, yang diperoleh pada pengaturan *ratio* agregat : *filler* (75:25), tekanan cetak (100), *thermoforming* (170) dan *CNTs* (1.5%). Kombinasi faktor dan level kekerasan yang paling besar menempati rangking 1 adalah agregat : *filler* dengan selisih 26.2 HV, pada *signal to noise ratio* yang menempati rangking 1 adalah agregat : *filler* dengan selisih 0.88 HV. Sedangkan nilai terbesar tegangan maksimal yaitu 38.0907 MPa, yang diperoleh pada pengaturan *ratio* agregat : *filler* (80:20), tekanan cetak (200), *thermoforming* (190) dan *CNTs* (2%). Kombinasi faktor dan level tegangan maksimal yang paling besar menempati rangking 1 adalah *thermoforming* dengan selisih 4.52 MPa. Pada *signal to noise ratio* yang menempati rangking 1 adalah *thermoforming* dengan selisih 1.22 MPa.

Kata Kunci: *Carbon Nanotubes*, Kekerasan, Komposit, *Orthogonal Array*, *Thermoforming*.

The Effect of Thermoforming Process of Carbon Nanotube Reinforced Mineral Casting Composites (CNTs) and Silicone Dioxide (SiO₂) on Mechanical Properties

Name : Muhammad Khairul
NIM : 1811102442009
Study Program : S1 Teknik Mesin
Guidance Lecturer : Khanif Setiyawan, S. T., M. T

Abstract

As a substitute for metal composite materials that have been implemented in machine components, composite materials are expected to improve material properties. For the formation of composites, it is very important to do material selection and treatment of a material. The development of mineral castings according to the function of dynamic structures continues to be improved to achieve better mechanical properties. To determine the structural characteristics and mechanical properties of the composite in the thermoforming process is the purpose of this study. Knowing the effect of the best composition on the composite with thermoforming treatment refers to the ASTM standard. The research chosen is direct experimental research. Research is carried out by determining or engineering certain conditions on the test specimen. This study uses the Taguchi method with analysis of variance to determine the effect of a variable on other variables with the orthogonal array applied is L9 (3⁴). Based on the results of the study, the largest value of hardness was 335.00 HV, which was obtained by setting the ratio of aggregate: filler (75:25), molding pressure (100), thermoforming (170) and CNTs (1.5%). The combination of factors and the highest level of violence that ranks 1 is aggregate: filler with a difference of 26.2 HV, in the signal to noise ratio which ranks 1 is aggregate: filler with a difference of 0.88 HV. While the maximum value of maximum stress is 38.0907 MPa, which is obtained by adjusting the ratio of aggregate: filler (80:20), molding pressure (200), thermoforming (190) and CNTs (2%). The combination of factors and the maximum maximum stress level that ranks 1 is thermoforming with a difference of 4.52 MPa. In the signal to noise ratio which ranks 1 is thermoforming with a difference of 1.22 MPa.

Keywords: *Carbon Nanotubes, Hardness, Composites, Orthogonal Array, Thermoforming.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas Rahmat-Nya yang selama ini kita dapatkan, yang memberi hikmah dan yang paling bermanfaat bagi seluruh umat manusia. Oleh karenanya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir yang berjudul Pengaruh Proses *Thermoforming* Komposit *Mineral Casting* Berpenguat *Carbon Nanotubes (CNTs)* dan Silikon Dioksida (SiO_2) Terhadap Sifat Mekanis, dengan baik dan tepat pada waktunya. Kegiatan tugas akhir merupakan salah satu sarana mahasiswa untuk mengekspresikan kreativitasnya. Ide untuk merekayasa, merencanakan, mengevaluasi, berinovasi, dan memberikan solusi pada suatu permasalahan nyata yang berkaitan dengan keteknikan, khususnya Teknik Mesin.

Pada proses penyusunan laporan tugas akhir ini kami menjumpai berbagai hambatan, namun berkat dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan sangat baik, maka pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Sarjito, M.T., Ph.D., IPM. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
2. Ir. Anis Siti Nurrohkeyati, S. T., M. T. Selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
3. Khanif Setiyawan, S. T., M. T. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya dan pikiran serta perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Hery Tri Waloyo, S. T., M. T. Selaku Dosen Penguji I.
5. Ir. Anis Siti Nurrohkeyati, S. T., M. T. Selaku Dosen Penguji II.
6. Keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan selama proses pembuatan laporan.
7. Rekan-rekan mahasiswa Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Penulis juga menerima kritikan dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua.

Samarinda, 30 Juni 2022

Penulis



Muhammad Khairul

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSEMBAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Kajian Teori.....	5
2.2.1 Batuan Beku Dalam	5
2.2.2 <i>Carbon Nanotubes (CNTs)</i>	5
2.2.3 Sifat Fisik <i>Carbon Nanotubes (CNTs)</i>	7
2.2.4 Silikon Dioksida (SiO ₂)	8
2.2.5 Pasir Kuarsa	8
2.2.6 Material Komposit	9
2.2.7 <i>Phenolic Resin</i>	12
2.2.8 Sifat Mekanik Material	12
2.2.9 Metode Taguchi	15

2.2.10	Desain Eksperimen Taguchi	15
2.2.11	Karakteristik Kualitas.....	16
2.2.12	Matriks <i>Orthogonal Array</i>	17
2.2.13	<i>Analysis Of Variance (ANOVA)</i>	17
BAB III	.....	18
METODOLOGI PENELITIAN	.....	18
3.1	Tempat Penelitian.....	18
3.2	Metode Penelitian.....	18
3.3	Metode Analisis Data	18
3.4	Persiapan Bahan dan Alat Penelitian.....	19
3.4.1	Bahan.....	19
3.4.2	Alat.....	22
3.5	Pemilihan <i>Orthogonal Array</i>	27
3.6	Penentuan Jumlah Eksperimen.....	28
3.7	Penentuan Komposisi Komposit	30
3.8	Perhitungan Komposisi Komposit.....	31
3.9	Tahapan Pembuatan Komposit.....	33
3.10	Prosedur Penelitian.....	34
3.11	Proses Pengujian dan Standar Pengujian.....	37
3.11.1	Prosedur Pengujian Kekerasan.....	37
3.11.2	Prosedur Pengujian <i>Bending</i>	39
3.12	Teknik Analisa Data	40
3.13	Diagram Alir Penelitian.....	41
BAB IV	.....	43
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	43
4.1	Data Pengujian Kekerasan.....	43
4.1.1	Pengaruh Level Dan Faktor Terhadap Kekerasan	44
4.1.2	Respon Tabel Pada <i>Signal To Noise Ratio</i>	45
4.2	Data Pengujian <i>Bending</i>	46
4.2.1	Pengaruh Level Dan Faktor Terhadap <i>Bending</i>	48
4.2.2	Respon Tabel Pada <i>Signal To Noise Ratio</i>	49
4.3	<i>Analysis Of Variance</i> Kekerasan.....	50

4.4	<i>Analysis Of Variance Bending</i>	52
BAB V	.....	54
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	.....	55
LAMPIRAN	.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Bahan Mineral Beku Pembentukan Komponen Dinamis	5
Gambar 2. 2 Struktur dan Tipe <i>Carbon Nanotubes (CNTs)</i>	6
Gambar 2. 3 CNTs Dibawah 100 nanometer Meningkatkan Sifat <i>Cementitious</i>	6
Gambar 2. 4 Ikatan Antar Molekul Struktur (Agregat, <i>CNTs</i> dan SiO_2)	7
Gambar 2. 5 Komposit Matriks Logam dengan Penguat $\text{Al}_2\text{O}_{3(p)}$	9
Gambar 2. 6 Komposit Serat	10
Gambar 2. 7 Komposit Laminat	11
Gambar 2. 8 Komposit Partikel	11
Gambar 2. 9 Skema Uji <i>Brinell</i>	13
Gambar 2. 10 Skema Uji <i>Rockwell</i>	13
Gambar 2. 11 Skema Uji <i>Vickers</i>	14
Gambar 2. 12 Pengujian <i>Three Point Bending</i>	14
Gambar 2. 13 Pengujian <i>Four Point Bending</i>	15
Gambar 3. 1 Pasir Kuarsa	20
Gambar 3. 2 Silikon Dioksida	20
Gambar 3. 3 <i>Carbon Nanotubes</i>	21
Gambar 3. 4 <i>Phenolic Resin</i>	21
Gambar 3. 5 <i>Grease</i>	22
Gambar 3. 6 Timbangan Digital	22
Gambar 3. 7 Mesin Pengepresan Cetak Tekan Panas	23
Gambar 3. 8 Dongkrak Hidrolik	23
Gambar 3. 9 Alat Pencetakan Spesimen	24
Gambar 3. 10 Pengayak	24
Gambar 3. 11 <i>Mixer</i>	25
Gambar 3. 12 Gelas Plastik	25
Gambar 3. 13 <i>Vernier Caliper</i>	26
Gambar 3. 14 Mesin Gerinda	26
Gambar 3. 15 Amplas	26
Gambar 3. 16 <i>Fishbone Diagram</i>	27
Gambar 3. 17 Tahapan Pembentukan Komposit	33
Gambar 3. 18 Pembentukan Cetakan	34
Gambar 3. 19 Pengayakan Pasir Kuarsa	35
Gambar 3. 20 Penakaran Bahan	35
Gambar 3. 21 Pencampuran Bahan	36
Gambar 3. 22 Pencetakan Spesimen dan Penekanan Panas	36
Gambar 3. 23 Hasil Komposit	37
Gambar 3. 24 Standar Uji	38
Gambar 3. 25 <i>Portable Hardness Tester</i>	38
Gambar 3. 26 Pengujian Kekerasan pada Komposit	39
Gambar 3. 27 Pengujian <i>Bending</i> Menggunakan <i>Universal Testing Machine</i>	40

Gambar 3. 28 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Level dan Faktor terhadap Kekerasan	45
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Level dan Faktor pada <i>Signal To Noise Ratio</i>	46
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Level dan Faktor pada Uji <i>Bending</i>	49
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Level dan Faktor pada <i>Signal to Noise Ratio</i>	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Unsur dan Kandungan Mineral Dalam Pasir Kuarsa	9
Tabel 3. 1 Kombinasi Faktor dan Level.....	27
Tabel 3. 2 Desain Eksperimen dengan <i>Orthogonal Array</i> L ₉ (3 ⁴)	28
Tabel 3. 3 Susunan Pencampuran Data Perlakuan.....	29
Tabel 3. 4 Pengelompokan Level Pembentuk Komposit.....	30
Tabel 3. 5 Komposisi Perhitungan Volume dan Massa Komposit	33
Tabel 4. 1 Pengolahan Data Rata-Rata Kekerasan Hasil Eksperimen	43
Tabel 4. 2 Menghitung Rangking Level dan Faktor pada Kekerasan.....	44
Tabel 4. 3 Menghitung Rangking <i>Signal to Noise Ratio</i> pada Kekerasan	46
Tabel 4. 4 Pengolahan Data <i>Bending</i> Hasil Eksperimen.....	47
Tabel 4. 5 Menghitung Rangking Level dan Faktor pada Uji <i>Bending</i>	48
Tabel 4. 6 Menghitung Rangking <i>Signal to Noise Ratio</i> pada Uji <i>Bending</i>	49
Tabel 4. 7 Hasil <i>Analysis of Variance</i> Kekerasan	50
Tabel 4. 8 Hasil <i>Analysis of Variance Ratio Bending</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Response Table for Means Kekerasan</i>	60
Lampiran 2 <i>Response Signal to Noise Ratio Kekerasan</i>	61
Lampiran 3 <i>Analysis of Variance Kekerasan</i>	61
Lampiran 4 <i>Response Table for Means Bending</i>	61
Lampiran 5 <i>Response Signal to Noise Ratio Bending</i>	62
Lampiran 6 <i>Analysis of Variance Ratio Bending</i>	62
Lampiran 7 Proses Penuangan Komposit ke Cetakan.....	62
Lampiran 8 Pengaturan Tekanan Tachometer.....	63
Lampiran 9 Proses Pengaturan Suhu Panas.....	63
Lampiran 10 Pengaturan Suhu Panas 170 °C.....	63
Lampiran 11 Pengaturan Suhu Panas 180 °C.....	64
Lampiran 12 Pengaturan Suhu Panas 190 °C.....	64
Lampiran 13 Proses Pelepasan Komposit dari Cetakan.....	65
Lampiran 14 Hasil Pencetakan Komposit.....	65
Lampiran 15 Hasil Pencetakan Komposit Sesuai Eksperimen.....	65
Lampiran 16 Proses Pengujian Kekerasan pada 3 Titik.....	66
Lampiran 17 Pengujian Kekerasan Sesuai Eksperimen.....	66
Lampiran 18 Proses Pengaturan Uji <i>Bending</i>	67
Lampiran 19 Proses Penekukan Komposit.....	67
Lampiran 20 Proses Patahan <i>Bending</i>	68
Lampiran 21 Hasil Patahan Komposit.....	68
Lampiran 22 Lembar Konsultasi Tugas Akhir Nomor 1-5.....	69
Lampiran 23 Lembar Konsultasi Tugas Akhir Nomor 6-11.....	70
Lampiran 24 Lembar Konsultasi Tugas Akhir Nomor 12.....	71
Lampiran 25 Lembar Persetujuan Konsultasi Tugas Akhir.....	72
Lampiran 26 Surat Pengantar Skripsi.....	73
Lampiran 27 Surat Balasan Pengantar Skripsi.....	74
Lampiran 28 Surat Pengantar Skripsi Pengujian di Laboratorium ITK.....	75
Lampiran 29 Surat Persetujuan Permohonan Pengujian Laboratorium ITK.....	76
Lampiran 30 Cover Hasil Plagiasi.....	77
Lampiran 31 Hasil Uji Plagiasi.....	78