



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMASI KADAR *CARBON FIBER*, TEMPERATUR LELEH,
DAN *HOLDING TIME* PADA *INJECTION MOLDING*
KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* BERPENGUAT *CARBON*
FIBER UNTUK GANTUNGAN KUNCI**

SKRIPSI

Oleh:

Randyra Bagus Arya Pradana

NIM. 2202411002

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMASI KADAR *CARBON FIBER*, TEMPERATUR LELEH,
DAN *HOLDING TIME* PADA *INJECTION MOLDING*
KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* BERPENGUAT *CARBON*
FIBER UNTUK GANTUNGAN KUNCI**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik

Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Randyra Bagus Arya Pradana

NIM. 2202411002

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



“Skripsi ini dipersembahkan kepada keluarga serta seluruh pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama proses penyusunan penelitian ini”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

OPTIMASI KADAR *CARBON FIBER*, TEMPERATUR LELEH,
DAN *HOLDING TIME* PADA *INJECTION MOLDING*
KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* BERPENGUAT *CARBON*
FIBER UNTUK GANTUNGAN KUNCI

Oleh:

Randyra Bagus Arya Pradana

NIM. 2202411002

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.

NIP. 197707142008121005

Budi Yuwono, S.T.

NIP. 196306191990031002

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Radhi Maladzi, S.T., M.T.

NIP. 199307282024061001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**OPTIMASI KADAR *CARBON FIBER*, TEMPERATUR LELEH, DAN
HOLDING TIME PADA *INJECTION MOLDING* KOMPOSIT
POLYPROPYLENE BERPENGUAT *CARBON FIBER* UNTUK
GANTUNGAN KUNCI**

Oleh:

Randyra Bagus Arya Pradana

NIM. 2202411002

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji
pada tanggal 17/7/2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
2.	Budi Yuwono , S.T. NIP. 196306191990031002	Ketua		17/7 ²⁶
3.	Prof. Dr., Tatun Hayatun Nufus , M.Si NIP. 196604161995122001	Penguji 1		17/7 ²⁶
4.	Ir., Rosidi, S.T., M.T. NIP. 196509131990031001	Penguji 2		17/7 ²⁶

Depok, 2026

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP. 197602252000121002



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Randyra Bagus Arya Pradana

NIM : 2202411002

Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan plagiasi karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya . Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Penulisan Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Depok, 29 Januari 2026



[Signature]

Randyra Bagus Arya Pradana
NIM. 2202411002

JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPTIMASI KADAR *CARBON FIBER*, TEMPERATUR LELEH, DAN *HOLDING TIME* PADA *INJECTION MOLDING* KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* BERPENGUAT *CARBON FIBER* UNTUK GANTUNGAN KUNCI

Randyra Bagus¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: randyra.bagus.arya.pratama.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menentukan level kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* terbaik terhadap kekerasan Shore D dan *shrinkage* pada proses *Injection Molding* komposit *polypropylene-carbon fiber*. Penelitian menggunakan rancangan Taguchi L9 dengan variasi kadar *carbon fiber* 5 wt%, 10 wt%, dan 15 wt%; temperatur leleh 200°C, 220°C, dan 240°C; serta *Holding Time* 1,5 detik, 2,5 detik, dan 3,5 detik. Data kekerasan dan *shrinkage* dianalisis menggunakan S/N Ratio, sedangkan cacat visual dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa level terbaik untuk kekerasan Shore D adalah kadar *carbon fiber* 10 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 2,5 detik. Level terbaik untuk *shrinkage* adalah kadar *carbon fiber* 10 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 1,5 detik. Spesimen A2 dipilih sebagai spesimen aktual yang direkomendasikan karena menghasilkan kekerasan tertinggi sebesar 64,4 Shore D, *shrinkage* sebesar 0,245%, dan kondisi visual paling baik. Spesimen tersebut dibuat menggunakan kadar *carbon fiber* 5 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 2,5 detik.

Kata kunci: *carbon fiber*, *Holding Time*, *Injection Molding*, *polypropylene*, Taguchi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPTIMASI KADAR *CARBON FIBER*, TEMPERATUR LELEH, DAN *HOLDING TIME* PADA *INJECTION MOLDING* KOMPOSIT *POLYPROPYLENE* BERPENGUAT *CARBON FIBER* UNTUK GANTUNGAN KUNCI

Randyra Bagus¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: randyra.bagus.arya.pratama.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the best levels of *carbon fiber* content, melt temperature, and *Holding Time* for Shore D hardness and *shrinkage* in the *Injection Molding* of *polypropylene-carbon fiber* composites. A Taguchi L9 experimental design was used with *carbon fiber* contents of 5 wt%, 10 wt%, and 15 wt%; melt temperatures of 200°C, 220°C, and 240°C; and *Holding Times* of 1.5 s, 2.5 s, and 3.5 s. Hardness and *shrinkage* data were analyzed using the S/N ratio, while visual defects were evaluated descriptively. The results showed that the best factor levels for Shore D hardness were 10 wt% *carbon fiber*, a melt temperature of 220°C, and a *Holding Time* of 2.5 s. The best levels for *shrinkage* were 10 wt% *carbon fiber*, a melt temperature of 220°C, and a *Holding Time* of 1.5 s. Specimen A2 was selected as the recommended actual specimen because it produced the highest hardness value of 64.4 Shore D, a relatively low *shrinkage* value of 0.245%, and the best visual condition. This specimen was manufactured using 5 wt% *carbon fiber*, a melt temperature of 220°C, and a *Holding Time* of 2.5 s.

Keywords: *carbon fiber*, *Holding Time*, *Injection Molding*, *polypropylene*, Taguchi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian dengan judul “Optimasi Kadar *Carbon fiber*, Temperatur Leleh, dan *Holding Time* pada *Injection Molding* Komposit *Polypropylene* Berpenguat *Carbon fiber* untuk Gantungan Kunci” dengan baik dan tepat waktu. Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat dalam memenuhi tugas akademik pada Program Studi D4 Teknik Mesin Manufaktur.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk merencanakan dan mengkaji proses penelitian yang akan dilakukan, khususnya yang berkaitan dengan proses *Injection Molding*. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi acuan pelaksanaan penelitian serta memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang manufaktur.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Radhi Maladzi, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., I.W.E. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan mulai dari penyusunan judul, metode penelitian, hingga penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Budi Yuwono, S.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi, serta masukan yang sangat bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta bantuan selama penulis menempuh pendidikan.
6. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.

7. Teman-teman Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan semangat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
8. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seseorang yang pernah menjadi bagian penting dalam perjalanan hidup penulis selama beberapa tahun terakhir. Terima kasih atas waktu, dukungan, kesabaran, serta segala kebaikan yang pernah diberikan selama proses penulis bertumbuh dan menyelesaikan perjalanan akademik ini. Penulis menyadari bahwa tidak semua hal berjalan dengan baik, dan terdapat sikap maupun keputusan penulis yang mungkin pernah melukai hati. Untuk itu, penulis menyampaikan permohonan maaf yang tulus. Semoga segala kebaikan yang pernah diberikan menjadi hal baik yang selalu menyertai langkahnya ke depan.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan proposal ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi dasar pelaksanaan penelitian selanjutnya.

Depok, 29 Januari 2026

Randyra Bagus Arya Pradana
NIM. 2202411002



DAFTAR ISI

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gantungan Kunci	6
2.1.1 Fungsi Gantungan Kunci	7
2.1.2 Kebutuhan Kualitas Gantungan Kunci	7
2.2 Polypropylene (PP)	8
2.3 Carbon fiber sebagai Material Penguat	9
2.3.1 Karakteristik Carbon fiber	10
2.3.2 Chopped Carbon fiber pada Komposit Termoplastik	11
2.4 Komposit Polypropylene–Carbon fiber (PP–CF)	13
2.5 Proses Injection Molding	13
2.5.1 Prinsip Dasar Injection Molding	14
2.6 Parameter Proses Injection Molding	16
2.6.1 Temperatur Leleh	17
2.6.2 Holding Time	18
2.7 Pengujian Kualitas Gantungan Kunci Injection Molding	19



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7.1	Pengujian Kekerasan Shore D Berdasarkan ASTM D2240	19
2.7.2	Cacat Visual (Visual Defects)	22
2.7.3	Dimensi (<i>Shrinkage</i>)	24
2.8	Design of Experiment (DoE)	25
2.9	Metode Taguchi	25
2.9.1	Orthogonal Array	25
2.9.2	Signal to Noise Ratio	26
2.10	Kajian Literatur	28
2.11	Kerangka Pemikiran	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Jenis Penelitian	34
3.2	Objek Penelitian	36
3.3	Rancangan Pembuatan Spesimen	36
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	37
3.4.1	Jenis Data	38
3.4.2	Sumber Data	39
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	40
3.6	Metode Analisis Data	41
3.7	Diagram Alir Penelitian	44
3.8	Langkah – Langkah Pembuatan Gantungan Kunci <i>Injection Molding</i>	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Hasil Pembuatan Spesimen Gantungan Kunci	56
4.2	Hasil Pengujian Kualitas Produk	57
4.2.1	Hasil Pengujian Kekerasan Shore D	57
4.2.2	Hasil Pengukuran <i>Shrinkage</i>	59
4.2.3	Hasil Pengamatan Cacat Visual	61
4.3	Analisis Taguchi Respons Kekerasan Shore D	63
4.3.1	Perhitungan S/N Ratio Kekerasan Shore D	63
4.3.2	Tabel Respons S/N Ratio Kekerasan Shore D	64
4.3.3	Grafik Main Effects Plot Kekerasan Shore D	65
4.3.4	Penentuan Level Terbaik untuk Kekerasan Shore D	66
4.4	Analisis Taguchi Respons <i>Shrinkage</i>	66

4.4.1	Perhitungan S/N Ratio <i>Shrinkage</i>	67
4.4.2	Tabel Respons S/N Ratio <i>Shrinkage</i>	68
4.4.3	Grafik Main Effects Plot <i>Shrinkage</i>	68
4.4.4	Penentuan Level Terbaik untuk <i>Shrinkage</i>	69

4.5 Analisis Deskriptif Cacat Visual	70
4.5.1 Analisis <i>Sink Mark</i>	71
4.5.2 Analisis <i>Short Shot</i>	71
4.5.3 Perbandingan Kondisi Visual Antarspesimen	72
4.6 Pemilihan Spesimen Aktual yang Direkomendasikan	72
4.6.1 Penetapan Spesimen Aktual yang Direkomendasikan	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DDAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN	81



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik <i>Polypropylene</i> [4].....	9
Tabel 2. 2 Karakteristik material <i>Carbon fiber</i> [7].....	11
Tabel 2. 3 Variasi Temperatur Leleh [13]	18
Tabel 2. 4 Variasi <i>Holding Time</i> [14].....	19
Tabel 3. 1 Variable Bebas	35
Tabel 3. 2 Susunan kombinasi pembuatan spesimen.....	37
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran pada lima titik setiap spesimen.....	58
Tabel 4. 2 Nilai rata-rata kekerasan Shore D.....	59
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran dan Perhitungan <i>Shrinkage</i>	60
Tabel 4. 4 Pengamatan Cacat Visual Visual	61
Tabel 4. 5 Perhitungan S/N Ratio Kekerasan Shore D.....	64
Tabel 4. 6 Respons S/N Ratio Kekerasan Shore D.....	64
Tabel 4. 7 Penentuan Level Terbaik untuk Kekerasan Shore D	66
Tabel 4. 8 Perhitungan S/N Ratio <i>Shrinkage</i>	67
Tabel 4. 9 Respons S/N Ratio <i>Shrinkage</i>	68
Tabel 4. 10 Penentuan Level Terbaik untuk <i>Shrinkage</i>	69
Tabel 4. 11 Analisis Deskriptif Cacat Visual.....	70
Tabel 4. 12 Pemilihan spesimen aktual	72

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Material <i>Polypropylene</i> [5].....	9
Gambar 2. 2 Material <i>Carbon fiber</i> [6]	10
Gambar 2. 3 Chopped <i>carbon fiber</i> pada komposit <i>polypropylene</i> [2]	12
Gambar 2. 4 Ilustrasi Proses Injection Mold [10]	14
Gambar 2. 5 Proses Plastisasi [11]	15
Gambar 2. 6 Proses Filling [11]	15
Gambar 2. 7 Proses holding/packing [11]	15
Gambar 2. 8 Proses cooling & injection [11]	16
Gambar 2. 9 Alat Durometer Shore D [13]	20
Gambar 2. 10 Contoh Cacat Sink Mark [16].....	23
Gambar 2. 11 Contoh Cacat Short Shot [16].....	23
Gambar 2. 12 Contoh cacat <i>Shrinkage</i>	24
Gambar 2. 13 Kerangka Pemikiran	33
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	45
Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan Spesimen Gantungan Kunci	56
Gambar 4. 2 Lima Titik Pengujian Shore D.....	57
Gambar 4. 3 Grafik Rata Rata <i>Shrinkage</i>	60
Gambar 4. 4 Grafik Main Effects Plot Kekerasan Shore D.....	65
Gambar 4. 5 Grafik Main Effects Plot <i>Shrinkage</i>	69

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses *Injection Molding* banyak digunakan untuk menghasilkan produk plastik karena mampu membentuk geometri yang kompleks dalam waktu relatif singkat. Salah satu material yang umum digunakan adalah *polypropylene* (PP) karena ringan, tahan terhadap bahan kimia, dan mudah diproses. Namun, PP memiliki keterbatasan pada kekakuan dan kekuatan mekaniknya sehingga diperlukan material penguat untuk meningkatkan kualitasnya [2].

Polypropylene digunakan sebagai material utama dalam pembuatan gantungan kunci. Meskipun merupakan produk sederhana, gantungan kunci tetap membutuhkan kekerasan permukaan, kestabilan dimensi, dan tampilan yang baik. Penambahan *carbon fiber* dapat meningkatkan kekakuan dan sifat mekanik PP, tetapi hasilnya dipengaruhi oleh kadar serat dan penyebarannya di dalam matriks [1].

Kadar *carbon fiber* yang terlalu tinggi dapat meningkatkan viskositas lelehan dan menyulitkan material mengisi rongga cetakan. Selain komposisi material, temperatur leleh dan *Holding Time* juga perlu diatur dengan tepat. Temperatur leleh memengaruhi kemampuan alir material, sedangkan *Holding Time* membantu mengompensasi penyusutan selama proses pendinginan. Pengaturan yang kurang tepat dapat menimbulkan *shrinkage*, *sink mark*, dan *short shot* [3], [10].

Penentuan kombinasi parameter yang tepat diperlukan agar produk memiliki nilai kekerasan yang baik, penyusutan yang rendah, dan cacat visual yang minimum. Metode Taguchi L9 dapat digunakan untuk menyusun kombinasi tiga faktor dan tiga level secara lebih efisien dibandingkan percobaan faktorial penuh. Nilai S/N Ratio kemudian digunakan untuk menentukan level parameter terbaik pada setiap respons [15], [16].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan level kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* terbaik pada proses *Injection Molding* gantungan kunci komposit PP-CF. Respons yang dianalisis adalah kekerasan Shore D dan *shrinkage*, sedangkan cacat visual berupa *sink mark* dan *short shot* dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian selanjutnya digunakan untuk menentukan kombinasi percobaan aktual yang direkomendasikan.

2.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Kombinasi level kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* manakah yang menghasilkan kekerasan Shore D terbaik berdasarkan analisis S/N Ratio dengan karakteristik *larger is better*?
2. Kombinasi level kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* manakah yang menghasilkan nilai *shrinkage* terendah berdasarkan analisis S/N Ratio dengan karakteristik *smaller is better*?
3. Bagaimana kondisi cacat visual berupa *sink mark* dan *short shot* pada sembilan kombinasi percobaan Taguchi L9?
4. Kombinasi percobaan aktual manakah yang paling direkomendasikan berdasarkan nilai kekerasan Shore D, *shrinkage*, dan kondisi cacat visual produk?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* terbaik untuk menghasilkan kekerasan Shore D tertinggi berdasarkan S/N Ratio.
2. Menentukan kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* terbaik untuk menghasilkan *shrinkage* terendah berdasarkan S/N Ratio.
3. Mengidentifikasi cacat visual berupa *sink mark* dan *short shot* pada sembilan spesimen.
4. Menentukan kombinasi percobaan aktual yang paling direkomendasikan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

berdasarkan kekerasan Shore D, *shrinkage*, dan cacat visual.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menambah pemahaman mengenai proses *Injection Molding* pada komposit *polypropylene* berpenguat *chopped carbon fiber*.
2. Menambah pengetahuan mengenai penentuan kadar *carbon fiber*, temperatur leleh, dan *Holding Time* terbaik untuk setiap respons. Meningkatkan kemampuan dalam melakukan pengujian kualitas produk, meliputi pengujian kekerasan Shore D, pengukuran *shrinkage*, serta analisis cacat visual.
3. Meningkatkan kemampuan dalam menyusun rancangan percobaan Taguchi L9 serta menganalisis data menggunakan S/N Ratio.
4. Menjadi referensi mengenai proses *Injection Molding* komposit *polypropylene* berpenguat *chopped carbon fiber*.
5. Memberikan informasi mengenai parameter terbaik untuk kekerasan Shore D dan *shrinkage* berdasarkan analisis S/N Ratio.
6. Menjadi bahan pendukung bagi penelitian selanjutnya mengenai komposit PP-CF dan parameter proses *Injection Molding*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Material matriks yang digunakan adalah *polypropylene* (PP), sedangkan material penguatnya berupa *chopped carbon fiber*.
2. Komposit hanya terdiri atas *polypropylene* dan *chopped carbon fiber* tanpa penambahan *compatibilizer*, *coupling agent*, atau material pengisi lainnya.
3. Kadar *carbon fiber* yang digunakan adalah 5 wt%, 10 wt%, dan 15 wt%.
4. Temperatur leleh yang digunakan adalah 200°C, 220°C, dan 240°C.
5. *Holding Time* yang digunakan adalah 1,5 detik, 2,5 detik, dan 3,5 detik.
6. Parameter lain, yaitu tekanan injeksi, kecepatan injeksi, *cooling time*, mesin,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan cetakan dibuat tetap selama penelitian.

7. Cacat visual yang diamati dibatasi pada *sink mark* dan *short shot* serta dianalisis secara deskriptif.
8. Data kekerasan dan *shrinkage* dianalisis menggunakan S/N Ratio, dengan karakteristik *larger is better* untuk kekerasan dan *smaller is better* untuk *shrinkage*. Penelitian ini tidak menggunakan ANOVA.
9. Pengujian SEM hanya dilakukan pada spesimen terpilih dan digunakan sebagai data pendukung untuk mengamati morfologi komposit secara deskriptif.
10. Penelitian ini tidak menggunakan metode optimasi multirespons dan tidak melakukan percobaan konfirmasi terhadap kombinasi parameter hasil S/N Ratio.
11. Kombinasi parameter hasil S/N Ratio dinyatakan sebagai parameter terbaik untuk setiap respons dalam batas level yang diteliti, sedangkan rekomendasi spesimen aktual dipilih dari sembilan kombinasi yang telah dibuat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, penulis menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian dari karya yang berjudul “Optimasi Kadar *Carbon fiber*, Temperatur Leleh, dan *Holding Time* pada *Injection Molding* Komposit *Polypropylene* Berpenguat *Carbon fiber* untuk Gantungan Kunci.”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang menguraikan kajian literatur yang relevan serta meninjau penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian skripsi ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis S/N Ratio dengan karakteristik *larger is better* menunjukkan bahwa level terbaik untuk menghasilkan kekerasan Shore D yang tinggi adalah kadar *carbon fiber* 10 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 2,5 detik. Nilai rata-rata S/N Ratio pada masing-masing faktor tersebut adalah 35,97 dB, 35,99 dB, dan 36,00 dB. Faktor *Holding Time* menunjukkan perubahan respons relatif terbesar dengan nilai delta sebesar 0,31. Susunan tersebut merupakan level terbaik dalam rentang parameter yang diteliti dan belum diuji sebagai satu kombinasi aktual melalui percobaan konfirmasi.
2. Hasil analisis S/N Ratio dengan karakteristik *smaller is better* menunjukkan bahwa level terbaik untuk menghasilkan nilai *shrinkage* yang rendah adalah kadar *carbon fiber* 10 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 1,5 detik. Nilai rata-rata S/N Ratio pada masing-masing faktor tersebut adalah 12,409 dB, 14,870 dB, dan 12,833 dB. Temperatur leleh menunjukkan perubahan respons relatif terbesar terhadap *shrinkage* dengan nilai delta sebesar 12,814. Susunan level tersebut juga belum terdapat secara langsung sebagai satu kombinasi aktual dalam rancangan Taguchi L9.
3. Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa cacat yang paling sering ditemukan adalah *short shot* lokal pada detail tulisan. Cacat tersebut terdapat pada spesimen A1, A3, B2, B3, C1, C2, dan C3. Cacat *sink mark* ditemukan pada spesimen B1 dan C1, sedangkan spesimen B2 memiliki rongga kecil pada bagian tengah logo. Spesimen C2 dan C3 menunjukkan warna permukaan yang lebih gelap dan kurang seragam. Di antara sembilan spesimen, A2 memiliki kondisi visual paling baik



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karena logo dan tulisan terbentuk dengan jelas serta tidak menunjukkan *short shot* maupun *sink mark* yang nyata.

4. Spesimen A2 ditetapkan sebagai spesimen aktual yang direkomendasikan. Spesimen tersebut dibuat menggunakan kadar *carbon fiber* 5 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 2,5 detik. A2 menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 64,4 Shore D, nilai *shrinkage* relatif rendah sebesar 0,245%, serta kondisi visual yang paling baik dengan cacat berupa sedikit *flash* pada bagian tepi. Meskipun spesimen B2 dan B3 memiliki nilai *shrinkage* lebih rendah sebesar 0,098%, keduanya masih menunjukkan cacat pengisian pada detail produk. Penetapan A2 dilakukan berdasarkan keseimbangan hasil aktual kekerasan, *shrinkage*, dan kondisi visual, sehingga tidak dinyatakan sebagai hasil optimasi multirespons.

5.2 Saran

Saran adalah sebagai berikut

1. Perlu dilakukan percobaan konfirmasi terhadap susunan level terbaik hasil analisis S/N Ratio, yaitu kadar *carbon fiber* 10 wt%, temperatur leleh 220°C, dan *Holding Time* 2,5 detik untuk respons kekerasan Shore D serta *Holding Time* 1,5 detik untuk respons *shrinkage*. Percobaan konfirmasi diperlukan untuk mengetahui kesesuaian hasil prediksi Taguchi dengan hasil pengujian aktual.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode optimasi multirespons, seperti *Grey Relational Analysis* atau metode *desirability*, agar diperoleh satu kombinasi parameter yang mempertimbangkan kekerasan Shore D, *shrinkage*, dan kondisi visual secara bersamaan.
3. Jumlah pengulangan pembuatan dan pengujian pada setiap kombinasi parameter perlu ditambah agar variasi hasil proses dapat diamati dengan lebih baik. Pengamatan cacat visual juga dapat dikembangkan menjadi pengukuran kuantitatif, misalnya dengan mengukur luas atau kedalaman *sink mark* dan persentase area *short shot* menggunakan analisis citra.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Variasi parameter proses dapat diperluas dengan mempertimbangkan tekanan injeksi, kecepatan injeksi, temperatur cetakan, *holding pressure*, dan *cooling time*. Parameter tersebut dapat memengaruhi kemampuan pengisian rongga cetakan, kestabilan dimensi, dan pembentukan cacat visual pada produk.
5. Penelitian berikutnya dapat mengkaji penggunaan *compatibilizer* atau *coupling agent* serta metode pencampuran yang lebih terkontrol untuk meningkatkan ikatan antara *carbon fiber* dan matriks *polypropylene*. Pengembangan tersebut diharapkan dapat memperbaiki distribusi serat, mengurangi rongga atau aglomerasi, dan meningkatkan kualitas komposit.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Wyderkiewicz, R. Gogolewski, J. Miedzianowska-masłowska, K. Szustakiewicz, and M. Masłowski, "Effect of Biobased and Mineral Additives on the Properties of Recycled *Polypropylene* Packaging Materials," pp. 1–24, 2025.
- [2] I. *Polypropylene*, F. Patalas, A. Ko, M. Rojewski, and B. Nowinka, "Post-Molding *Shrinkage* , Structure and Properties of Cellular," 2022.
- [3] Z. Zhou, H. Yang, B. Xu, Y. Ting, S. Chen, and W. Jong, "applied sciences Prediction of Short-Shot Defects in *Injection Molding* by Transfer Learning," 2023.
- [4] T. Hossain, A. Shahid, N. Mahmud, A. Habib, and M. Rana, "Discover Nano Research and application of *polypropylene* : a review," *Discov. Nano*, 2024, doi: 10.1186/s11671-023-03952-z.
- [5] H. A. Maddah, "*Polypropylene* as a Promising Plastic : A Review," vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2016, doi: 10.5923/j.ajps.20160601.01.
- [6] A. K. D. T, "Study of Mechanical Properties of *Carbon fiber* Reinforced *Polypropylene*," vol. 4, no. 10, pp. 406–408, 2015.
- [7] K. Fibres and T. Composites, "Characteristics of Carbon and Kevlar Fibres , Their Composites and Structural Applications in Civil Engineering — A Review," pp. 1–23, 2024.
- [8] A. Ali *et al.*, "The Effect of Chopped *Carbon fibers* on the Mechanical Properties and Fracture Toughness of 3D-Printed PLA Parts : An Experimental and Simulation Study," 2024.
- [9] C. Budiyanoro and H. S. B. Rochardjo, "Overmolding of Hybrid Long and Short *Carbon fiber Polypropylene* Composite : Optimizing Processing Parameters," 2021.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [10] P. G. Lafleur, “Carbon fiber Composites of Pure *Polypropylene* and Maleated *Polypropylene* Blends Obtained from Injection and Compression Moulding,” vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/493206.
- [11] K. Tongkat, K. Dari, and M. *Polypropylene*, “Online : <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm> Jurnal Teknik Mesin S-1 , Vol . 11 , No . 3 , Tahun 2023 Online : <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>,” vol. 11, no. 3, pp. 386–395, 2023.
- [12] A. Gaspar-cunha, “A Review on *Injection Molding* : Conformal Cooling Channels , Modelling , Surrogate Models and Multi-Objective Optimization,” pp. 1–37, 2025.
- [13] M. Wieczorowski *et al.*, “Tomographic and Tension Analysis of *Polypropylene* Reinforced with *Carbon fiber* Fabric by *Injection Molding*,” 2023.
- [14] J. Wang, Q. Mao, N. Jiang, and J. Chen, “Effects of *Injection Molding* Parameters on Properties of Insert-Injection Molded *Polypropylene* Single-Polymer Composites,” 2022.
- [15] P. Cetak, P. Injeksi, P. I. *Molding*, E. Faizal, M. Muzaki, and N. N. Farida, “J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin,” vol. 8, no. 2, pp. 86–90, 2024, doi: 10.32528/jp.v8i2.1054.
- [16] H. Junaedi, M. Baig, A. Dawood, E. Albahkali, and A. Almajid, “Effect of the Matrix Melt Flow Index and Fillers on Mechanical Properties of *Polypropylene*-Based Composites,” 2022.
- [17] A. Albedah *et al.*, “Journal of King Saud University - Science Potential of recycled *polypropylene* : A study on effect of natural fiber on the morphology and properties of biocomposite,” *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 36, no. 5, p. 103167, 2024, doi: 10.1016/j.jksus.2024.103167.
- [18] M. Moayyedean, A. Dinc, and A. Mamedov, “Optimization of Injection-



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Molding Process for Thin-Walled *Polypropylene* Part Using Artificial Neural Network and Taguchi Techniques,” 2021.

- 19] F. D. Uddin and R. D. Bintara, “Computational Study of *Injection Molding* Parameters to Minimize *Shrinkage* and Warpage Using the Taguchi Method,” pp. 613–618, 2022.
- 20] A. Yamaguchi, H. Uematsu, and T. Sakaguchi, “Effects of different types of functionalized *polypropylenes* on the tensile strength of short carbon fiber-reinforced *polypropylene* composites,” pp. 205–214, 2024, doi: 10.1038/s41428-023-00856-8.
- 21] ASTM International, *ASTM D2240-15(2021): Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2021, doi: 10.1520/D2240-15R21.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Komposisi Massa Material

Komposisi material pada penelitian ini dinyatakan dalam persen massa (weight percent/wt%). Massa total campuran pada setiap percobaan sebesar 60 gram.

Rumus yang digunakan:

$$\text{wt\%} = \text{massa material} / \text{massa total} \times 100\%$$

- **Kadar *carbon fiber* 5 wt%**

$$\text{Massa } \textit{carbon fiber} = (5 / 100) \times 60 = 3 \text{ g}$$

$$\text{Massa } \textit{polypropylene} = 60 - 3 = 57 \text{ g}$$

- **Kadar *carbon fiber* 10 wt%**

$$\text{Massa } \textit{carbon fiber} = (10 / 100) \times 60 = 6 \text{ g}$$

$$\text{Massa } \textit{polypropylene} = 60 - 6 = 54 \text{ g}$$

- **Kadar *carbon fiber* 15 wt%**

$$\text{Massa } \textit{carbon fiber} = (15 / 100) \times 60 = 9 \text{ g}$$

$$\text{Massa } \textit{polypropylene} = 60 - 9 = 51 \text{ g}$$

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Lampiran 2 Perhitungan *Shrinkage* Produk Gantungan Kunci

Perhitungan *shrinkage* dilakukan dengan membandingkan dimensi spesimen hasil proses *Injection Molding* terhadap dimensi mold. Dimensi mold yang digunakan adalah panjang 68 mm, tinggi 67 mm, dan tebal 5 mm.

rumus yang digunakan:

$$S = \text{shrinkage (\%)} S = (D_m - D_p) / D_m \times 100\%$$

keterangan:

S = *shrinkage* (%)

D_m = dimensi cetakan (mm)

D_p = dimensi rata-rata produk (mm)

Kode	Perhitungan <i>Shrinkage</i> Panjang	Perhitungan <i>Shrinkage</i> Tinggi	Perhitungan <i>Shrinkage</i> Tebal	<i>Shrinkage</i> Rata-rata
A1	$(68,0 - 67,6) / 68,0 \times 100 = 0,588\%$	$(67,0 - 66,4) / 67,0 \times 100 = 0,896\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,588 + 0,896 + 0,000) / 3 = 0,495\%$
A2	$(68,0 - 67,5) / 68,0 \times 100 = 0,735\%$	$(67,0 - 67,0) / 67,0 \times 100 = 0,000\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,735 + 0,000 + 0,000) / 3 = 0,245\%$
A3	$(68,0 - 69,0) / 68,0 \times 100 = 1,471\%$	$(67,0 - 67,0) / 67,0 \times 100 = 0,000\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(1,471 + 0,000 + 0,000) / 3 = 0,490\%$
B1	$(68,0 - 68,0) / 68,0 \times 100 = 0,000\%$	$(67,0 - 66,8) / 67,0 \times 100 = 0,299\%$	$(5,0 - 4,8) / 5,0 \times 100 = 4,000\%$	$(0,000 + 0,299 + 4,000) / 3 = 1,433\%$
B2	$(68,0 - 67,8) / 68,0 \times 100 = 0,294\%$	$(67,0 - 67,0) / 67,0 \times 100 = 0,000\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,294 + 0,000 + 0,000) / 3 = 0,098\%$
B3	$(68,0 - 68,2) / 68,0 \times 100 = 0,294\%$	$(67,0 - 67,0) / 67,0 \times 100 = 0,000\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,294 + 0,000 + 0,000) / 3 = 0,098\%$
C1	$(68,0 - 68,5) / 68,0 \times 100 = 0,735\%$	$(67,0 - 67,9) / 67,0 \times 100 = 1,343\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,735 + 1,343 + 0,000) / 3 = 0,693\%$
C2	$(68,0 - 68,5) / 68,0 \times 100 = 0,735\%$	$(67,0 - 67,0) / 67,0 \times 100 = 0,000\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,735 + 0,000 + 0,000) / 3 = 0,245\%$
C3	$(68,0 - 68,5) / 68,0 \times 100 = 0,735\%$	$(67,0 - 67,3) / 67,0 \times 100 = 0,448\%$	$(5,0 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 0,000\%$	$(0,735 + 0,448 + 0,000) / 3 = 0,394\%$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu karya
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1.1.1. Pengukuran Menggunakan Durometer Shore D

	TITIK 1	TITIK 2	TITIK 3	TITIK 4	TITIK 5	RATA RATA
KID AI						57.6 Shore D
AI						64.4 Shore D

61.1 Shore D					
62.6 Shore D					

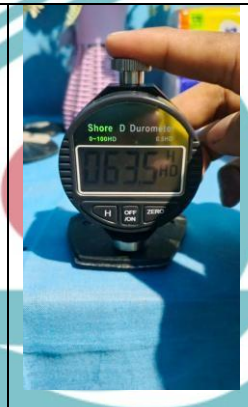
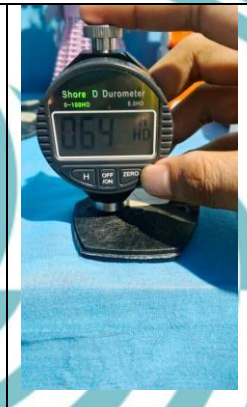
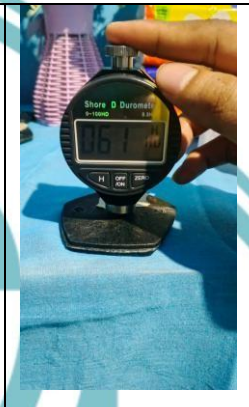
- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu karya

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber : a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu karya b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta		62.8 Shore D
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber : a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu karya b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta		63.3 Shore D

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber : a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu karya b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta						63.4 Shore D
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber : a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu karya b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta						62 Shore D

62.4 Shore D



Cipta milik Politekn

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

lampiran 4 Perhitungan S/N Ratio Shore D

Karakteristik yang digunakan untuk respons kekerasan Shore D adalah larger is better, karena nilai kekerasan yang lebih tinggi merupakan hasil yang diharapkan.

Karena nilai yang digunakan adalah satu nilai rata-rata setiap spesimen, maka $n =$ dan rumus dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(y)^2]$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata A1 = 57,6 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(57,6)^2]$$

$$S/N = 35,2084 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata A2 = 64,4 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(64,4)^2]$$

$$S/N = 36,1777 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata A3 = 61,1 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(61,1)^2]$$

$$S/N = 35,7208 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata B1 = 62,6 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(62,6)^2]$$

$$S/N = 35,9315 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata B2 = 62,8 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(62,8)^2]$$

$$S/N = 35,9592 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata B3 = 63,3 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(63,3)^2]$$

$$S/N = 36,0281 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata C1 = 63,4 Shore D.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(63,4)^2]$$

$$S/N = 36,0418 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata C2 = 62,0 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(62,0)^2]$$

$$S/N = 35,8478 \text{ dB}$$

Diketahui nilai kekerasan rata-rata C3 = 62,4 Shore D.

$$S/N = -10 \log_{10} [1/(62,4)^2]$$

$$S/N = 35,9044 \text{ dB}$$





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Perhitungan S/N Ratio *Shrinkage*

Karakteristik yang digunakan untuk respons *shrinkage* adalah smaller is better, karena nilai *shrinkage* yang lebih rendah menunjukkan penyimpangan dimensi yang lebih kecil terhadap dimensi cetakan.

Karena nilai yang digunakan adalah satu nilai *shrinkage* rata-rata setiap spesimen, maka $n = 1$ dan rumus dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log_{10} [(y)^2]$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata A1 = 0,495%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,495)^2]$$

$$S/N = 6,1079 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata A2 = 0,245%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,245)^2]$$

$$S/N = 12,2167 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata A3 = 0,490%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,490)^2]$$

$$S/N = 6,1961 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata B1 = 1,433%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(1,433)^2]$$

$$S/N = -3,1249 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata B2 = 0,098%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,098)^2]$$

$$S/N = 20,1755 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata B3 = 0,098%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,098)^2]$$

$$S/N = 20,1755 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata C1 = 0,693%.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,693)^2]$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$S/N = 3,1853 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata $C2 = 0,245\%$.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,245)^2]$$

$$S/N = 12,2167 \text{ dB}$$

Diketahui nilai *shrinkage* rata-rata $C3 = 0,394\%$.

$$S/N = -10 \log_{10} [(0,394)^2]$$

$$S/N = 8,0901 \text{ dB}$$

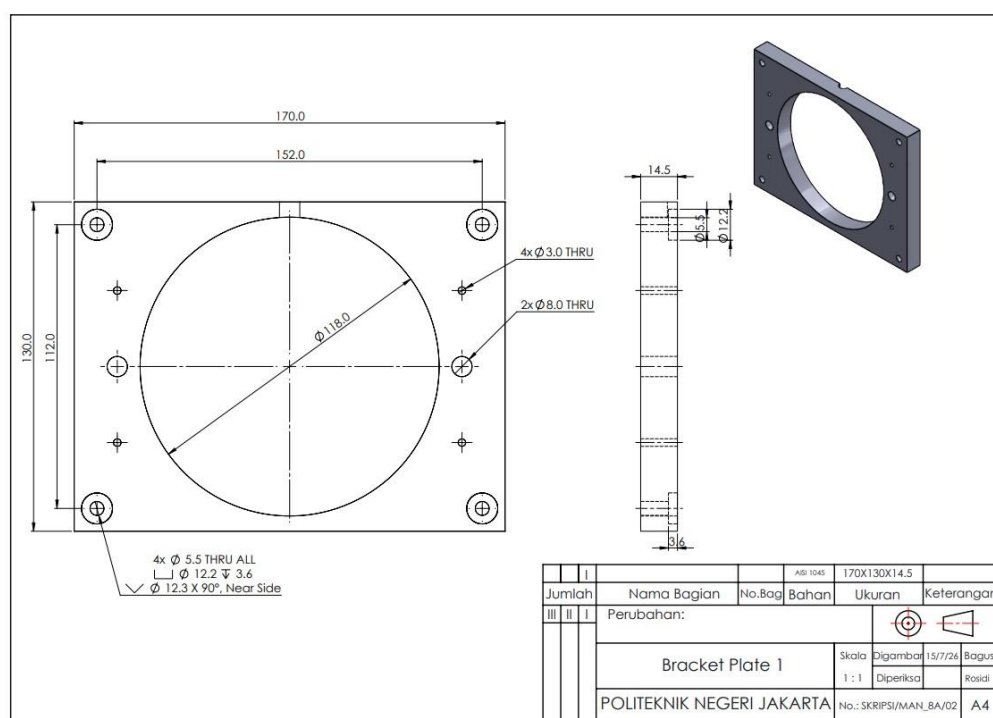
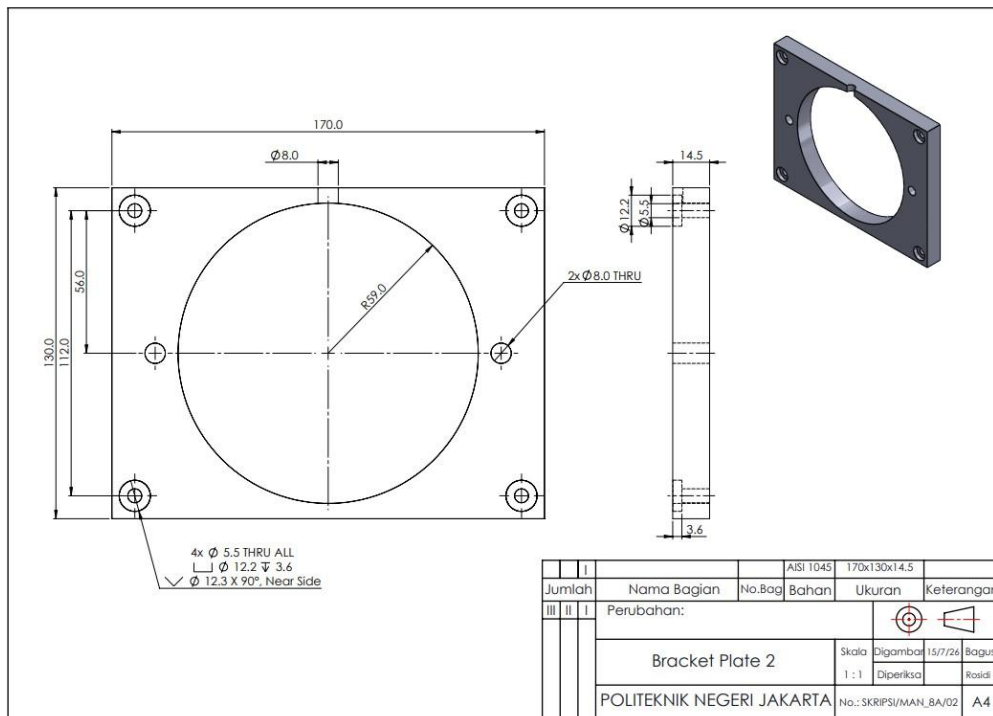




lampiran 5 Desain Mold

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

