

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH VARIASI *STEP OVER* TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN DAN WAKTU PEMESINAN
PADA PROSES *FINISHING SCALLOP* PROTOTIPE
CETAKAN IMPLAN KLAVIKULA ALUMINIUM 6061
MENGGUNAKAN PEMESINAN CNC 3-AXIS



Intelligentia - Dignitas

Disusun oleh :
NAFIS IKHWAN ANGGORO
1520621022

PROGRAM STUDI
TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
TAHUN 2026

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : ANALISIS PENGARUH VARIASI *STEP OVER* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN WAKTU PEMESINAN PADA PROSES *FINISHING SCALLOP* PROTOTIPE CETAKAN IMPLAN KLAVIKULA ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN PEMESINAN CNC 3-AXIS

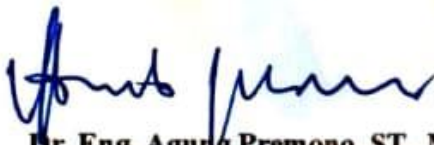
Penyusun : Nafis Ikhwan Anggoro

NIM : 1520621022

Tanggal Ujian : 19 Januari 2026

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Eng. Agung Premono, ST., M.T.

NIP. 197705012001121002

Pembimbing II,



Dr. Imam Basori, M.T.

NIP. 197906072008121003

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM

NIP. 197911022012121001

Sekretaris Penguji,



Nugroho Gama Yoga, M.T.

NIP. 197602052006042

Penguji Ahli,



Reza Febriano Armas, S.Pd., M.T.

NIP. 199802082025061006

Mengetahui,

Koordinator Program Studi SI Teknik Mesin



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM

NIP. 197911022012121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 21 Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Nafis Ikhwan Anggoro

NIM. 1520621022

Intelligentia - Dignitas



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Nafis Ikhwan Anggoro
NIM : 1520621022
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : nafis.ikhwan@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Pengaruh Variasi Step Over Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Waktu Pemesinan Pada Proses Finishing Scallop Prototipe Cetakan Implan Klavikula Aluminium 6061 Menggunakan Pemesinan Cnc 3-Axis

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Januari 2026

Penulis

Nafis Ikhwan Anggoro

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi *Step Over* terhadap Kekasaran Permukaan dan Waktu Pemesinan pada Proses *Finishing Scallop* Prototipe Cetakan Implan Klavikula Aluminium 6061 Menggunakan Mesin CNC 3-Axis” dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Eng. Agung Premono, S.T., M.T., selaku Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang berharga selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Imam Basori, M.T., selaku Pembimbing II, yang telah memberikan saran, koreksi, serta motivasi sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan lebih baik.
3. Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, atas ilmu pengetahuan, bimbingan, dan pengalaman yang telah diberikan selama masa perkuliahan. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada Danar Haryanto, selaku operator mesin CNC, yang dengan penuh kesabaran telah membimbing dan mendampingi penulis sejak tahap awal hingga akhir proses penelitian skripsi ini.
5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, dukungan moral, serta semangat yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, dukungan moral, serta semangat yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Asyifa P, yang senantiasa hadir memberikan semangat, perhatian, dan ketenangan dalam setiap langkah perjalanan penyusunan skripsi ini, serta menjadi sumber motivasi tersendiri bagi penulis.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta doa dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi tambahan referensi dalam bidang pemesinan dan rekayasa manufaktur, khususnya dalam penerapan strategi pemesinan untuk peningkatan kualitas permukaan.

Bogor, 19 Januari 2026

Penulis


Nafis Ikhwan Anggoro

Intelligentia - Dignitas

**ANALISIS PENGARUH VARIASI *STEP OVER* TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN DAN WAKTU PEMESINAN PADA PROSES
FINISHING SCALLOP PROTOTIPE CETAKAN IMPLAN KLAVIKULA
ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN PEMESINAN CNC 3-AXIS**

Nafis Ikhwan Anggoro

**Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Agung Premono, M.T. dan Dr. Imam Basori,
M.T.**

ABSTRAK

Proses finishing merupakan tahap penting dalam pemesinan CNC yang berpengaruh langsung terhadap kualitas permukaan, khususnya pada pembuatan prototipe cetakan implan dengan geometri kompleks. Salah satu parameter utama pada proses finishing scallop adalah nilai *step over*, yang menentukan jarak antar lintasan pahat dan memengaruhi tinggi *scallop* serta waktu pemesinan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi *step over* terhadap kekasaran permukaan (R_a) dan karakteristik waktu pemesinan pada proses finishing scallop Aluminium 6061 sebagai prototipe cetakan implan klavikula menggunakan mesin CNC dengan G-code 3-Axis. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan variasi *step over* 0,30 mm; 0,20 mm; 0,10 mm; dan 0,05 mm. Pengukuran R_a dilakukan pada lima titik tiap spesimen, sedangkan waktu pemesinan diperoleh dari pencatatan waktu aktual dan dibandingkan dengan simulasi CAM. Hasil menunjukkan bahwa penurunan *step over* menurunkan nilai R_a dari 3,350 μm menjadi 0,529 μm . Berdasarkan kebutuhan kekasaran permukaan aplikasi implan yang berada pada rentang R_a sekitar 1–2 μm , *step over* 0,20 mm menghasilkan kondisi permukaan paling sesuai dengan waktu pemesinan yang relatif efisien, sementara waktu aktual selalu lebih besar dibandingkan hasil simulasi CAM.

Kata kunci: *step over*, finishing scallop, CNC 3-Axis, kekasaran permukaan, cetakan implan.

Intelligentia - Dignitas

**ANALISIS PENGARUH VARIASI *STEP OVER* TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN DAN WAKTU PEMESINAN PADA PROSES
FINISHING SCALLOP PROTOTYPE CETAKAN IMPLAN KLAVIKULA
ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN PEMESINAN CNC 3-AXIS**

Nafis Ikhwan Anggoro

**Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Agung Premono, M.T. dan Dr. Imam Basori,
M.T**

ABSTRACT

The finishing process is a critical stage in CNC machining that directly affects surface quality, particularly in the fabrication of implant mold prototypes with complex geometries. One of the key parameters in scallop finishing is the *step over*, which determines tool path spacing and influences both scallop height and machining time. This study aims to analyze the effect of *step over* variation on surface roughness (Ra) and machining time characteristics in the scallop finishing of Aluminium 6061 as a clavicle implant mold prototype using a CNC machine operated with 3-Axis G-code. A quantitative experimental method was applied with *step over* values of 0.30 mm, 0.20 mm, 0.10 mm, and 0.05 mm. Surface roughness was measured at five points on each specimen, while actual machining time was recorded and compared with CAM simulation results. The results show that reducing the *step over* decreases Ra from 3.350 μm to 0.529 μm . Based on implant surface roughness requirements, which typically fall within the Ra range of 1–2 μm , a *step over* of 0.20 mm provides the most suitable surface condition with relatively efficient machining time, while actual machining times consistently exceed CAM simulation estimates.

Keywords: *step over*, scallop finishing, CNC 3-Axis, surface roughness, implant mold.

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II KERANGKA TEORITIK	7
2.1 Pemesinan CNC 3-Axis	7
2.2 Proses Finishing Scallop	8
2.3 Pahat Ballnose dan Karakteristik Pemotongan	9
2.4 Step Over dalam Proses Finishing	11
2.5 Kekasaran Permukaan	12
2.5.1 Kekasaran Permukaan Pada Implant	12
2.5.2 Parameter Kekasaran Permukaan	13
2.5.3 Pemilihan Parameter Ra	14
2.6 Penelitian Terdahulu	15
2.7 Kerangka Pemikiran	15
BAB III METODE PENELITIAN	17

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.3 Alat dan Bahan	18
3.3.1 Mesin dan Perangkat Lunak	18
3.3.2 Alat Potong	19
3.3.3 Material Benda Kerja	20
3.3.3 Alat Pendukung Proses Pemesinan	21
3.4 Variabel Penelitian	27
3.4.1 Variabel Bebas	27
3.4.2 Variabel Terikat	27
3.4.3 Variabel Terkontrol	27
3.5 Prosedur Penelitian.....	28
3.5.1 Diagram Alir Penelitian	28
3.5.2 Perancangan Model CAD Prototipe Cetakan Implan Klavikula.....	30
3.5.3 Penentuan Strategi Pemesinan dan Toolpath Finishing Scallop	30
3.5.4 Pembuatan Program CNC (G-Code 3-Axis)	34
3.5.5 Proses Pemesinan	35
3.5.6 Pengukuran Kekasaran Permukaan	38
3.5.7 Pencacatan Waktu Pemesinan	40
3.6 Metode Pengambilan Data	41
3.7 Metode Analisis Data	41
3.8 Jadwal Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Pemesinan Berdasarkan Variasi Step Over	44
4.1.1 Hasil Pemesinan dengan <i>Step Over</i> 0,30 mm	44
4.1.2 Hasil Pemesinan dengan <i>Step Over</i> 0,20 mm	46
4.1.3 Hasil Pemesinan dengan <i>Step Over</i> 0,10 mm	47
4.1.4 Hasil Pemesinan dengan <i>Step Over</i> 0,05 mm	49
4.2 Perbandingan Kekasaran Permukaan Antar Variasi Step Over	50
4.3 Perbandingan Waktu Pemesinan	52
4.4 Perbandingan Waktu Pemesinan Simulasi Mastercam dan Waktu Aktual Mesin CNC	54
BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan	58

5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN-LAMPIRAN	64
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	77
METADATA SKRIPSI	78



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

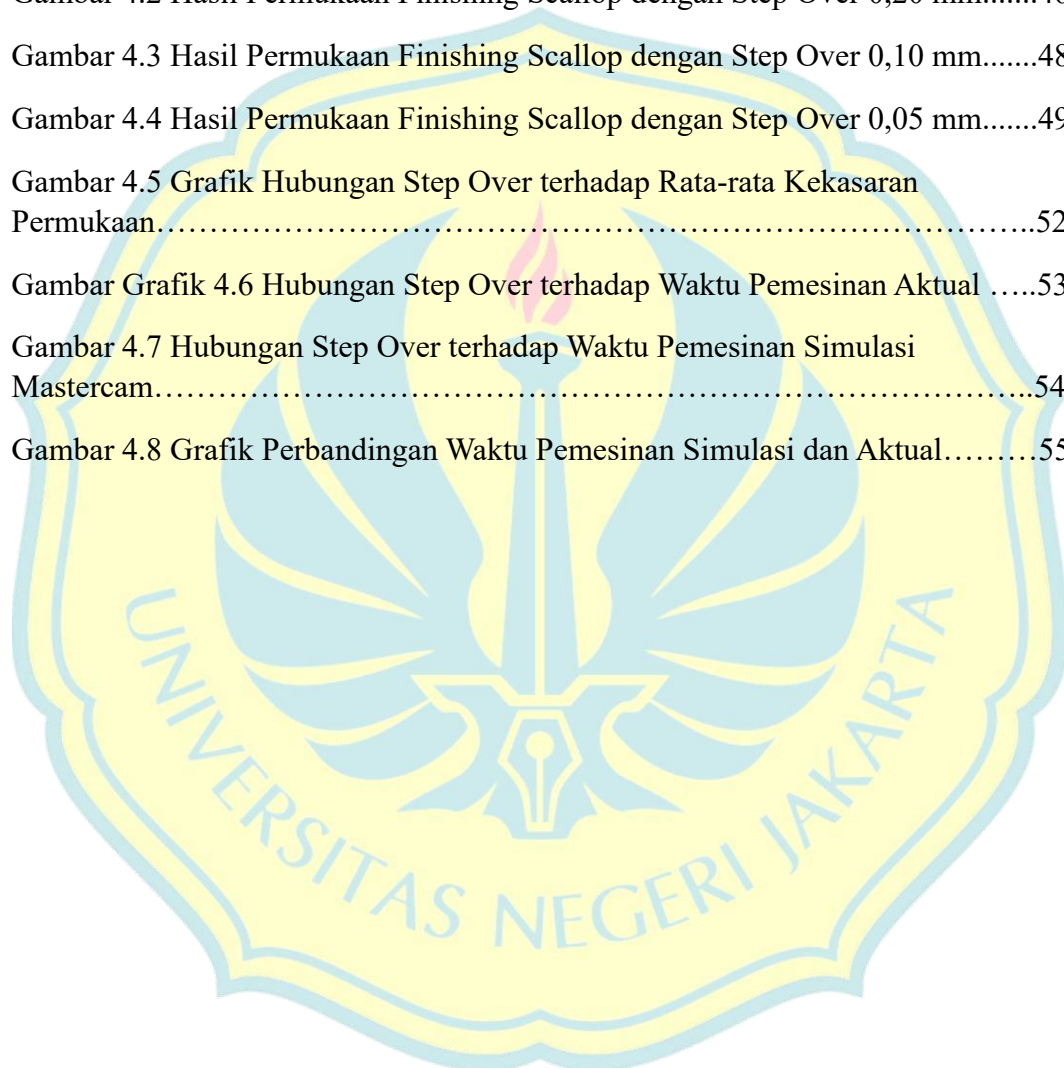
Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 3.1	Spesifikasi Mesin CNC Amcotrain BIMA VMC 500-5A	19
Tabel 3.2	Spesifikasi Endmill Ballnose 2mm	20
Tabel 3.3	Spesifikasi Material Aluminium 6061	21
Tabel 3.4	Variasi <i>Step Over</i> Penelitan	27
Tabel 3.5	Jadwal Penelitian (Februari – Juli)	42
Tabel 3.6	Jadwal Penelitian (Agustus – Desember)	43
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (Ra) Step Over 0,30 mm	45
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (Ra) Step Over 0,20 mm	47
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (Ra) Step Over 0,10 mm	48
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (Ra) Step Over 0,05 mm	49
Tabel 4.6	Persentase Perbedaan Kekasaran Permukaan terhadap Step Over 0,30mm.....	51
Tabel 4.7	Perbandingan Waktu Pemesinan Pada Mesin.....	53
Tabel 4.8	Perbandingan Waktu Pemesinan Pada Simulasi Mastercam 2025.....	53
Tabel 4.9	Perbandingan Waktu Pemesinan Simulasi dan Aktual.....	55

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Skema Gerak Mesin CNC 3-Axis	8
Gambar 2.2	Ilustrasi Proses Finishing Scallop	9
Gambar 2.3	Geometri Pahat Ballnose	10
Gambar 2.4	Ilustrasi Hubungan Step Over terhadap Scallop Height.....	11
Gambar 3.1	Mesin CNC Amcotrain VMC-500 5A.....	18
Gambar 3.2	Endmill Ballnose 2mm.....	20
Gambar 3.3	Material Aluminium 6061.....	21
Gambar 3.4	Holder Tool.....	21
Gambar 3.5	Z-Axis Setter.....	22
Gambar 3.6	Centering Bar.....	22
Gambar 3.7	Kunci Pas 10.....	23
Gambar 3.8	Ragum Penjepit.....	23
Gambar 3.9	Tool Holder Clamping Stand.....	23
Gambar 3.10	Collet Chuck Spanner.....	24
Gambar 3.11	Tool Collet.....	24
Gambar 3.12	End Mill Ø12 mm.....	25
Gambar 3.13	End Mill Ø6 mm.....	25
Gambar 3.14	Ballnose Ø3 mm.....	26
Gambar 3.15	Palu Karet.....	26
Gambar 3.16	Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.17	Model CAD Prototipe Cetakan Implan Klavikula.....	30
Gambar 3.18	Pemilihan WCS.....	31
Gambar 3.19	Peletakan WCS G54.....	31
Gambar 3.20	Pemilihan Jenis Mesin.....	32
Gambar 3.21	Pembautan Stock.....	32
Gambar 3.22	Pemilihan Alat Potong.....	33
Gambar 3.23	Pembuatan Toolpath.....	33
Gambar 3.24	Strategi Toolpath Finishing Scallop.....	34
Gambar 3.25	Export Gcode Post Processing.....	34
Gambar 3.26	Hasil Gcode Setelah Di Export.....	35
Gambar 3.27	Pemasangan Tool Pada Mesin.....	36

Gambar 3.28 Pemasangan Bahan Ke Ragum.....	37
Gambar 3.29 Proses mencari titik 0 benda.....	37
Gambar 3.30 Proses Pemesinan.....	38
Gambar 3.31 Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	39
Gambar 3.32 Pengambilan Data Waktu Pemesinan.....	40
Gambar 4.1 Hasil Permukaan Finishing Scallop dengan Step Over 0,30 mm.....	45
Gambar 4.2 Hasil Permukaan Finishing Scallop dengan Step Over 0,20 mm.....	46
Gambar 4.3 Hasil Permukaan Finishing Scallop dengan Step Over 0,10 mm.....	48
Gambar 4.4 Hasil Permukaan Finishing Scallop dengan Step Over 0,05 mm.....	49
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Step Over terhadap Rata-rata Kekasaran Permukaan.....	52
Gambar Grafik 4.6 Hubungan Step Over terhadap Waktu Pemesinan Aktual	53
Gambar 4.7 Hubungan Step Over terhadap Waktu Pemesinan Simulasi Mastercam.....	54
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Waktu Pemesinan Simulasi dan Aktual.....	55



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
Lampiran 1	Program Cnc (G-Code) Proses Finishing Scallop Step Over 0,30 mm	64
Lampiran 2	Parameter Pemotongan Pahat Ballnose 2mm	66
Lampiran 3	Dokumentasi Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan <i>Stepover</i> 0,05	67
Lampiran 4	Dokumentasi Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan <i>Stepover</i> 0,1	68
Lampiran 5	Dokumentasi Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan <i>Stepover</i> 0,2	69
Lampiran 6	Dokumentasi Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan <i>Stepover</i> 0,3	70
Lampiran 7	Data Waktu Pemesinan Proses Finishing Scallop	71
Lampiran 8	Dokumentasi Proses Pemesinan CNC	73
Lampiran 9	Dokumentasi Pengujian Kekasaran Permukaan	74
Lampiran 10	Spesifikasi Alat Pengujian	76

Intelligentia - Dignitas