

TUGAS AKHIR

**Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat
Endmill Pada Proses *Machining* CNC *Milling*
Terhadap Kekasaran Permukaan Material
Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing**



Disusun

MUHAMMAD KHOIRUL MU'MININ

D200229237

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2026

TUGAS AKHIR

**Pengaruh Perbedaan Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat
Endmill Pada Proses *Machining* CNC *Milling* Terhadap
Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses
Anodizing**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh:

MUHAMMAD KHOIRUL MU'MININ

D200229237

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2026

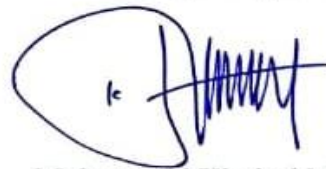
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya tugas akhir dengan judul :

“Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat Endmill Pada Proses Machining CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing” yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjan S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 30 Juni 2026

Yang menyatakan

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop on the left and several vertical strokes on the right.

Muhammad Khoirul Mu'minin

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir Berjudul “**Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat Endmill Pada Proses Machining CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing**” yang telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana S1 Pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Muhammad Khoirul Mu'minin

NIM : D200229237

Disetujui Pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 14-07-2026

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Bambang Waluyo Febriantoko S.T., M.T.

NIK. 735

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat Endmill Pada Proses Machining CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing”** telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh ;

Nama : Muhammad Khoirul Mu'minin

NIM : D200229237

Disahkan pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 14-07-2016

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Bambang Waluyo Febriantoko S.T., M.T.

Penguji 1 : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Penguji 2 : Ramzul Irham Riza, B.Eng., M.T.

Prof. Ir. Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D.

NIK. 792

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Prof. Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIK. 993

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor : 76/KEP-R/2026 Tanggal : 03 Maret 2026 tentang Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini :

Nama : Ir. Bambang Waluyo Febriantoko S.T., M.T.

NIK : 735

Pangkat/Jabatan : Lektor

Memberikan Soal Tugas Akhir Kepada mahasiswa

Nama : Muhammad Khoirul Mu'minin

NIM : D200229237

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 8

Judul/Topik : Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat Endmill Pada Proses *Machining* CNC *Milling* Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing.

Rincian Soal/Tugas : Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat Endmill Pada Proses *Machining* CNC *Milling* Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing.

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 30 Juni 20216

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Bambang Waluyo Febriantoko S.T., M.T.

NIK. 735

MOTTO

“Allah Akan Mengangkat derajat bagi orang - orang yang beriman dan berilmu.”

(Q. S. Al – Mujadalah Ayat 11)

“Maka sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Al - Insyirah ayat 5)

“Sebaik – baik manusia adalah yang paling banyak manfaatnya bagi manusia lainnya”

(H.R. Ahmad)

"Bermimpilah setinggi ujung langit, jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang - bintang."

(Ir. Sukarno)

“Sukses bukan ditentukan oleh IQ , nilai rendah tidak dapat menghalangi sukses, demikian pula dengan nilai tinggi, bukanlah jaminan untuk sukses.”

(Robert J Sternberg)

“Tidak semua orang bisa disamakan, dan tidak semua orang harus dibedakan semua orang mempunyai porsinya masing – masing.”

(Penulis)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan ungkapan rasa syukur dan kerendahan dan terimakasih, dengan kerendahan hati Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dalam kondisi sehat *wal affiat*.
2. Kedua orang tua, Bapak Muh. Mustakim dan ibu Siti Ruqayah yang telah memberikan kesempatan, dorongan, motivasi dan lain sebagainya kepada penulis supaya dapat melanjutkan pendidikan lebih tinggi dibandingkan pendidikan mereka, serta doa – doa yang tak pernah terputus untuk mendoakan penulis meskipun tidak engkau ucapkan secara langsung.
3. Kakak dan adik, terimakasih sudah menjadi teman sekaligus patner dalam segala hal dan menjadi penghibur dikala masalah melanda.
4. Bapak ibu guru SMK Muhammadiyah 1 Gondngrejo yang telah memberikan motivasi, arahan untuk tetap melanjutkan ke perguruan tinggi.
5. Bapak ibu dosen yang telah memberikan motivasi dan ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Kepada diri sendiri yang telah membawa penulis sampai sejauh ini untuk menuju kesuksesan dikemudian hari.

**Pengaruh Perbedaan Jumlah Bilah Mata Sayat Endmill Pada Proses
Machining CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material
Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing**

Muhammad Khoirul Mu'minin, Bambang Waluyo Febriantoko

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : d200229237@student.ums.ac.id

ABSTRAKSI

Kualitas permukaan hasil proses CNC milling merupakan salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan pelapisan anodizing pada material Aluminium 6061. Penelitian ini bertujuan untuk Menyelidiki nilai kekasaran permukaan material seri Aluminium 6061 sebelum proses (bahan baku), setelah proses pemesinan CNC Milling dan setelah proses anodizing. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan melakukan proses machining CNC milling, dilanjutkan proses anodizing, kemudian pengujian kekasaran permukaan menggunakan surface roughness tester pada tiga titik pengukuran setiap spesimen dan dihitung nilai rata-ratanya berdasarkan parameter Ra, Rq, dan Rz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa raw material memiliki nilai kekasaran rata-rata sebesar Ra 0,692 μm , Rq 0,920 μm , dan Rz 5,066 μm . Setelah proses machining, pahat endmill 4 flute menghasilkan kekasaran yang lebih rendah (Ra 0,460 μm ; Rq 0,572 μm ; Rz 2,978 μm) dibandingkan pahat endmill 2 flute (Ra 1,150 μm ; Rq 1,406 μm ; Rz 6,382 μm). Setelah proses anodizing, pahat endmill 4 flute tetap menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah, yaitu Ra 0,521 μm , Rq 0,668 μm , dan Rz 3,728 μm , dibandingkan pahat endmill 2 flute dengan nilai Ra 0,543 μm , Rq 0,720 μm , dan Rz 4,340 μm . Dengan demikian, penggunaan pahat endmill 4 flute lebih efektif dalam menghasilkan kualitas permukaan Aluminium 6061 yang lebih baik sebelum dan sesudah proses anodizing. Namun, pahat 4 flute memerlukan pemeriksaan berkala untuk mencegah penyumbatan geram (chip clogging) akibat ruang evakuasi geram yang lebih sempit.

Kata Kunci: Aluminium 6061, CNC Milling, Endmill 2 Flute, Endmill 4 Flute, Anodizing, Kekasaran Permukaan.

The Effect of the Number of End Mill Flutes on the Surface Roughness of 6061 Aluminum After Anodizing in CNC Milling

Muhammad Khoirul Mu'minin, Bambang Waluyo Febriantoko

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : d200229237@student.ums.ac.id

ABSTRACT

The surface quality resulting from the CNC milling process is a key factor influencing the success of anodizing on 6061 aluminum. This study aims to investigate the surface roughness values of 6061 aluminum in its raw state, after CNC milling, and after anodizing. An experimental method was employed, involving CNC milling followed by anodizing; surface roughness was then measured at three points on each specimen, and average values were calculated based on Ra, Rq, and Rz parameters. Test results indicate that the raw material had average roughness values of Ra 0.692 μm , Rq 0.920 μm , and Rz 5.066 μm . After machining, the 4-flute end mill produced lower roughness values (Ra 0.460 μm ; Rq 0.572 μm ; Rz 2.978 μm) compared to the 2-flute end mill (Ra 1.150 μm ; Rq 1.406 μm ; Rz 6.382 μm). Following the anodizing process, the 4-flute end mill continued to yield lower surface roughness values (Ra 0.521 μm , Rq 0.668 μm , and Rz 3.728 μm) compared to the 2-flute end mill (Ra 0.543 μm , Rq 0.720 μm , and Rz 4.340 μm). Thus, the 4-flute end mill is more effective at producing superior surface quality on 6061 aluminum, both before and after anodizing. However, the 4-flute tool requires periodic inspection to prevent chip clogging caused by the narrower chip evacuation space.

Keywords: Aluminum 6061, CNC Milling, 2-Flute End Mill, 4-Flute End Mill, Anodizing, Surface Roughness.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas berkah dan rahmat -Nya sehingga penyusun laporan penelitian Tugas akhir ini dapat diselesaikan yang berjudul “Pengaruh Parameter Machining CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061 Setelah Proses Anodizing.” Dapat diselesaikan dengan baik atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terimakasih dengan penghargaan yang sebesar – besarnya kepada :

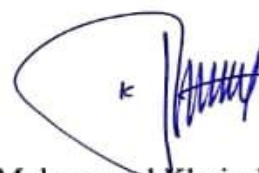
1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan do'a, dukungan moral serta materiil dan telah memfasilitasi penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Prof. Ir. Agus Dwi Anggono, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Ramzul Irham Riza, B.Eng., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Bapak Prof. Ir. Agus Dwi Anggono, M.Eng., Ph.D., selaku Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Bapak Ir. H. Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu segala proses pengerjaan tugas akhir.
8. Jajaran Dosen dan Staff Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

9. Kepala Laboran dan Laboran Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah memfasilitasi penulis untuk melakukan penelitian.
10. Teman-teman Asisten Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta atas ilmu, saran, dan dukungannya.
11. Teman – teman Teknik Mesin angkatan 2022 yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungannya selama masa perkuliahan.
12. Semua pihak yang terlibat dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis berharap laporan ini bisa bermanfaat bagi yang membaca, dan atas segala kekurangan yang ada pada laporan ini penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis berharap ada kritik dan saran yang bersifat membangun dari segala pihak. Sekali lagi di ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Surakarta, 30 Juni 2026

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized initial 'K' followed by a series of connected, cursive letters.

Muhammad Khoirul Mu'minin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ii

HALAMAN PERSETUJUAN iii

HALAMAN PENGESAHAN iv

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR v

MOTTO vi

HALAMAN PERSEMBAHAN vii

ABSTRAKSI viii

KATA PENGANTAR x

DAFTAR ISI xii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

DAFTAR GRAFIK xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan Penelitian 3

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka 4

2.2 Landasan Teori 6

2.2.1 Aluminium 6

2.2.2 Pahat Endmill 10

2.2.3	<i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	13
2.2.4	Uji Kekasaran	17
2.2.5	Pelapisan Anodizing	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	27
3.2	Studi Pustaka dan Studi Lapangan	28
3.3	Alat dan Bahan	28
3.3.1	Alat Penelitian.....	28
3.3.2	Bahan Penelitian	32
3.4	Prosedur Tahapan Pengujian.....	33
3.4.1	Prosedur Tahapan Pengujian CNC Router	33
3.4.2	Proses Anodizing	36
3.4.2.1	Tahap Pra-perlakuan (Pre-Treatment)	36
3.4.2.2	Tahap Anodizing (Pembentukan Lapisan Oksida)	36
3.4.2.3	Tahap Pasca-Perlakuan (Post-Treatment).....	37
3.5	Prosedur Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja.....	37
3.6	Rancangan Analisis Data	38
3.8.1	Pengujian Kekasaran Permukaan.....	38

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil pengujian kekasaran permukaan Raw Material	41
4.2	Hasil Pengujian kekasaran permukaan Setelah <i>Machining</i>	42
4.2.1	Pengujian kekasaran permukaan Setelah <i>Machining</i> (4 flute).....	42
4.2.2	Pengujian kekasaran permukaan Setelah <i>Machining</i> (2 Flute).....	44
4.2.3	Rekapitulasi Pengujian Kekasaran Setelah <i>Machining</i>	45

4.3	Pengujian kekasaran permukaan Setelah Anodize	46
4.3.1	Pengujian kekasaran permukaan Setelah Anodize (4 Flute)	47
4.3.2	Pengujian kekasaran permukaan Setelah Anodize (2 Flute)	48
4.3.3	Rekapitulasi Pengujian Kekasaran Setelah <i>Anodize</i>	50
4.4	Rekapitulasi Total Rata-Rata Nilai Kekasaran Permukaan.....	51

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Endmill 2 Flute.....	11
Gambar 2. 2 Endmill 3 Flute.....	12
Gambar 2. 3 Endmill 4 Flute.....	12
Gambar 2. 4 Endmill 5 Flute.....	12
Gambar 2. 5 Mesin CNC Turning.....	14
Gambar 2. 6 Mesin CNC <i>Milling</i>	14
Gambar 2. 7 CNC Router.....	15
Gambar 2. 8 CNC <i>Plasma Cutting</i>	15
Gambar 2. 9 CNC <i>Laser Cutting</i>	16
Gambar 2. 10 CNC <i>Waterjet Cutting</i>	16
Gambar 2. 11 CNC <i>Grinding</i>	16
Gambar 2. 12 CNC <i>Electrical Discharge Machining</i>	17
Gambar 2. 13 Uji Kekasaran.....	18
Gambar 2. 14 Kekasaran Tingkat Pertama.....	18
Gambar 2. 15 Kekasaran Tingkat Kedua	18
Gambar 2. 16 Kekasaran Tingkat Ketiga	19
Gambar 2. 17 Kekasaran Tingkat Keempat	19
Gambar 2. 18 Kekasaran Rata – Rata Ra.....	20
Gambar 2. 19 Kekasaran Rata – Rata Rz.....	21
Gambar 2. 20 Proses Anodizing.....	23
Gambar 2. 21 Struktur Berpori pada lapisan oksida	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	27
Gambar 3. 2 Mesin CNC Router 3 Axis	29
Gambar 3. 3 Mitutoyo SJ – 210 Surface	30
Gambar 3. 4 <i>Air Compressor</i>	30
Gambar 3. 5 Kunci Pass.....	30
Gambar 3. 6 Endmill <i>Carbide</i>	31
Gambar 3. 7 Ember atau Drum	31
Gambar 3. 8 Power Supply	31

Gambar 3. 9 kawat	32
Gambar 3. 10 Jangka Sorong	32
Gambar 3. 11 Breket Kaliper	33
Gambar 3. 12 Bahan Baku Aluminium	34
Gambar 4. 1 Raw Material Aluminium 6061	41
Gambar 4. 2 Produk Setelah <i>Machining</i>	42
Gambar 4. 3 Produk Setelah Anodize	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kekasaran Permukaan Benda Kerja Sebelum <i>Machining</i> (<i>Raw Material</i>)	39
Tabel 3. 2 Kekasaran Permukaan Benda Kerja Setelah <i>Machining</i>	39
Tabel 3. 3 Kekasaran Permukaan Benda Kerja Setelah Anodizing	40
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 1 (4 flute)	42
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 2 (4 flute)	43
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 3 (4 flute)	43
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 1 (2 Flute)	44
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 2 (2 Flute)	44
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 3 (2 Flute)	45
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Pengujian Kekasaran Setelah <i>Machining</i>	45
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 1	47
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 2 (4 Flute)	47
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 3 (4 Flute)	48
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 1	48
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 2	49
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Kekasaran Spesimen 3	49
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Pengujian Kekasaran Setelah <i>Anodize</i>	50
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Total Rata-Rata Nilai Kekasaran Permukaan	51

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3. 1 Diagram Rata - Rata R_a , R_q , dan R_z Kekasaran Permukaan Benda..	40
Grafik 4. 1 Rekapitulasi <i>Setelah Machining</i>	46
Grafik 4. 2 Rekapitulasi Setelah Anodizing.....	50
Grafik 4. 3 Rekapitulasi Total Rata-Rata Nilai Kekasaran Permukaan	51