



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

***TOOL CONDITION MONITORING (TCM) CNC MILLING
MENGUNAKAN SINYAL GETARAN DAN ANALISIS
KEKASARAN PERMUKAAN PADA STAINLESS STEEL 420 J2***

TUGAS AKHIR

Ramzy Naufal Farhan

1122000002

INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

SERPONG

2024



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

***TOOL CONDITION MONITORING (TCM) CNC MILLING
MENGUNAKAN SINYAL GETARAN DAN ANALISIS
KEKASARAN PERMUKAAN PADA STAINLESS STEEL 420 J2***

TUGAS AKHIR

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

Ramzy Naufal Farhan

1122000002

**INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA
SERPONG**

2024

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir/Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri
bukan merupakan hasil plagiat dari karya orang lain
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Ramzy Naufal Farhan

NPM : 1122000002

Tanda Tangan :

Tanggal : 2 September 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir/Skripsi ini diajarin oleh :

Nama : Ramzy Naufal Farhan

NPM : 1122000002

Program Studi : Teknik Mesin – Institut Teknologi Indonesia

Judul : *Tool Condition Monitoring (TCM) CNC Milling*
Menggunakan Sinyal Getaran dan Analisis Kekasaran
Permukaan CNC Milling pada *Stainless Steel 420 J2*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Pathya Rupajati, ST, MT ()

Penguji I : Ir. Achmad Zaki Rahman, ST, MT, IPM ()

Penguji II : Dr. Ir. Ismojo, ST, MT, IPP ()

Penguji III : Dr. Ir. Iyus Hendrawan, M.Si, IPU, ASEAN Eng ()

Ditetapkan di : Serpong, Tangerang Selatan

Tanggal : 2 September 2024

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. Jones Victor Tuapetel, ST, MT, Ph.D, IPM, ASEAN Eng

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia. Penelitian ini dapat diselesaikan dengan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga diharapkan dapat membantu dan bermanfaat bagi seluruh pihak guna menambahkan wawasan pengetahuan terkait penelitian ini. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada:

1. Dr. Pathya Rupajati, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan saya dalam menyusun tugas akhir ini.
2. Dipl. Ing. Kurniadi Rasyid, MM, selaku Dosen Penasihat Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan di bidang akademik selama saya menempuh pendidikan sampai dengan tersusunnya tugas akhir ini.
3. Ir. Ahmad Zaki Rahman, ST, MT, IPM selaku Dosen yang telah banyak membantu dan memberikan ilmunya dalam melakukan penelitian tugas akhir ini.
4. Prof. Dr. Ir. Dwita Suastiyanti, M.Si, IPM, ASEAN Eng, selaku Dosen yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan di Institut Teknologi Indonesia.
5. Ir. Jones Victor Tuapetel, ST, MT, PhD, IPM, ASEAN Eng, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia.
6. Seluruh dosen Teknik Mesin yang telah mendidik dan memberikan ilmu serta seluruh staff yang selalu sabar melayani segala administrasi selama saya menempuh pendidikan di Institut Teknologi Indonesia.
7. Orang tua saya dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan, motivasi serta mendoakan saya agar selalu semangat dan pantang menyerah.

8. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Mesin Institut Teknologi Indonesia khususnya angkatan 2020 yang telah memberikan semangat, motivasi dan pengertiannya dalam kelancaran pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Serpong, 14 Agustus 2024

Ramzy Naufal Farhan

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Institut Teknologi Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramzy Naufal Farhan

NPM : 1122000002

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Tool Condition Monitoring (TCM) CNC Milling Menggunakan Sinyal

Getaran dan Analisis Kekasaran Permukaan pada Stainless Steel 420 J2

.....
 beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Institut Teknologi Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Serpong

Pada Tanggal 14 Agustus 2024

Yang Menyatakan

(Ramzy Naufal Farhan)

ABSTRAK

Proses pemesinan yang dikendalikan komputer atau teknologi CNC (*Computer Numerical Control*) telah menjadi pilihan utama untuk memproduksi suku cadang presisi untuk banyak aplikasi. Salah satu permasalahan pada proses pemesinan CNC adalah sulitnya pemantauan kualitas produk secara tidak langsung, seperti kekasaran permukaan. *Stainless steel* 420 J2 digunakan pada penelitian ini untuk memantau kondisi alat menggunakan sinyal getaran. Pahat dengan kategori aus memiliki nilai rata-rata keausan pada setiap gigi lebih dari 0,3 mm dan pahat dengan kategori rusak adalah pahat yang mengalami perpatahan pada salah satu giginya. Pemantauan *Tooth Passing Frequency* (TPF) dapat menjadi indikasi awal untuk mengetahui kondisi pahat secara tidak langsung dan secara *real time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan amplitudo getaran pada pahat yang rusak dapat disebabkan oleh pengurangan dimensi bilah pahat yang disebabkan oleh keausan atau kerusakan. Kondisi tersebut divalidasi dengan pengamatan secara visual dimana pahat aus dan rusak memiliki pola yang tidak teratur dan alur yang dalam dibandingkan dengan pahat baru, serta nilai rata-rata kekasaran permukaan pada pahat aus dan pahat rusak yang lebih tinggi dibandingkan dengan pahat baru. Rata-rata kekasaran permukaan (R_a) pada pahat baru memiliki nilai yang paling rendah, yaitu 1,208 μm . Pahat aus memiliki nilai R_a yang lebih besar dari pahat baru, yaitu 1,306 μm dan pada pahat rusak kenaikan nilai R_a mulai terlihat signifikan, yaitu 2,51 μm .

Kata kunci: CNC *milling*, sinyal getaran, kekasaran permukaan

ABSTRACT

The computer-controlled machining process, or CNC (Computer Numerical Control) technology, has become the top choice for producing precision parts for many applications. One of the problems in the CNC machining process is the difficulty of monitoring product quality indirectly, such as surface roughness. Stainless steel 420 J2 was used in this study to monitor the condition of the tool using vibration signals. Tools in the worn category have an average wear value of more than 0.3 mm on each tooth, whereas tools in the damaged category are those that have experienced breakage on one of their teeth. Tooth Passing Frequency (TPF) monitoring can be an early indication to determine the condition of the tool indirectly and in real time. The results showed that the decrease in vibration amplitude on the damaged tool can be caused by a reduction in the dimensions of the tool blade caused by wear or damage. This condition was validated by visual observation, where worn and damaged tools had irregular patterns and deeper grooves compared to new tools, and the average surface roughness value on worn and damaged tools was higher than that of new tools. The average surface roughness (R_a) in the new tool has the lowest value, which is $1.208\text{ }\mu\text{m}$. The worn tool has a greater R_a value than the new tool, which is $1.306\text{ }\mu\text{m}$, and in the damaged tool, the increase in R_a value begins to be significant, which is $2.51\text{ }\mu\text{m}$.

Keywords: CNC milling, vibration signal, surface roughness

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 <i>State of The Art</i>	4
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Stainless Steel 420 J2</i>	7
2.2 <i>CNC Milling</i>	9
2.3 Prinsip Kerja Mesin <i>CNC Milling</i>	10
2.4 Sistem Koordinat Mesin <i>CNC Milling</i>	11
2.5 Pemrograman Mesin <i>CNC Milling</i>	13
2.6 Parameter Mesin <i>CNC Milling</i>	16
2.7 Alat Potong (<i>Cutter</i>).....	17
2.8 Getaran Mesin	21
2.9 Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness</i>).....	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Diagram Alir Penelitian	28
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.3 Parameter Penelitian.....	36
3.4 Metode Penelitian.....	39

3.5 Prosedur Penelitian.....	39
3.6 Analisis Data	41
3.7 Pelaksanaan Penelitian	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Simulasi dan Pembuatan Program CNC <i>Milling</i>	43
4.2 Hasil Pengukuran Kerataan Ragum dan Benda Kerja	44
4.3 Hasil Pemasangan Kamera Mikroskop dan Sensor	45
4.4 Hasil <i>Input</i> Program dan Proses CNC <i>Milling</i>	46
4.5 Data Hasil Pengambilan Gambar dan Pengukuran Keausan Pahat	48
4.6 Data Hasil Pengambilan Gambar Kekasaran Permukaan	53
4.7 Data Hasil Pengukuran Sinyal Getaran.....	54
4.8 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	69
4.9 Perbandingan Getaran dan Kekasaran Permukaan Setiap Kondisi Pahat .	70
BAB 5 PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Pasar Mesin CNC	1
Gambar 2.1	Proses CNC <i>Milling</i>	10
Gambar 2.2	Sumbu Mesin CNC <i>Milling</i>	11
Gambar 2.3	Arah Sumbu Mesin CNC <i>Milling</i>	11
Gambar 2.4	Contoh Metode <i>Incremental</i>	15
Gambar 2.5	Contoh Metode <i>Absolute</i>	15
Gambar 2.6	Elemen Utama Geometri Mata Potong	19
Gambar 2.7	Proses Getaran Sistem <i>Milling (Up Milling)</i>	22
Gambar 2.8	Contoh Bentuk Pengukuran Getaran	23
Gambar 2.9	Skema Profil Kekasaran Permukaan	25
Gambar 2.10	Kisaran Kekasaran Permukaan Berbagai Proses	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2	Mesin CNC <i>Milling</i> Leadwell V30	30
Gambar 3.3	Pahat HSS-Co Nachi	30
Gambar 3.4	<i>Triaxial Accelerometer</i> Dytran	31
Gambar 3.5	<i>Scopecorder</i> Yokogawa DL750	31
Gambar 3.6	<i>Surface Roughness Tester</i> Mitutoyo SJ-301	32
Gambar 3.7	Dial Indikator	32
Gambar 3.8	Mistar	32
Gambar 3.9	Kamera Mikroskop	33
Gambar 3.10	Laptop	33
Gambar 3.11	<i>Shock Wrench</i>	33
Gambar 3.12	<i>C Type Wrench</i>	34
Gambar 3.13	Palu Karet	34
Gambar 3.14	Kikir	34
Gambar 3.15	<i>Stainless Steel 420 J2</i>	35
Gambar 3.16	Skema Penelitian	39
Gambar 3.17	Alur Proses Pemesinan	40

Gambar 4.1	Simulasi Proses Pemesinan	44
Gambar 4.2	Program CNC <i>Milling</i>	44
Gambar 4.3	Pengukuran Kesejajaran Ragum	45
Gambar 4.4	Pengukuran Kerataan Benda Kerja	45
Gambar 4.5	Posisi Pemasangan Kamera	45
Gambar 4.6	Posisi Pemasangan Sensor Dytran 3413A2	46
Gambar 4.7	Penentuan Koordinat Titik Nol	46
Gambar 4.8	Tampilan Program pada Mesin CNC <i>Milling</i>	47
Gambar 4.9	Hasil Proses CNC <i>Milling</i>	47
Gambar 4.10	Geram (<i>Chips</i>) Hasil Proses CNC <i>Milling</i>	49
Gambar 4.11	Kondisi Visual <i>Flutes</i> Pahat	49
Gambar 4.12	Pengukuran Skala Gambar	50
Gambar 4.13	Pengukuran Keausan VB	51
Gambar 4.14	Perbandingan Visual Kekasaran Permukaan	52
Gambar 4.15	Tampilan Frekuensi <i>Sampling</i> pada <i>Scopecorder</i>	53
Gambar 4.16	Proses Mengubah Format pada Software DLWave	54
Gambar 4.17	Proses Pengolahan pada <i>Software</i> Matlab	55
Gambar 4.18	Grafik Domain Waktu <i>Test 1</i>	56
Gambar 4.19	Grafik Domain Waktu <i>Test 2</i>	57
Gambar 4.20	Grafik Domain Waktu <i>Test 3</i>	58
Gambar 4.21	Grafik Frekuensi Sinyal Getaran <i>Test 1</i>	62
Gambar 4.22	Grafik Frekuensi Sinyal Getaran <i>Test 2</i>	63
Gambar 4.23	Grafik Frekuensi Sinyal Getaran <i>Test 3</i>	64
Gambar 4.24	Grafik Perbandingan Getaran dan Kekasaran Permukaan	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia <i>Stainless Steel</i> 420 J2	7
Tabel 2.2	Sifat Fisik <i>Stainless Steel</i> 420 J2	8
Tabel 2.3	Sifat Mekanik <i>Stainless Steel</i> 420 J2	9
Tabel 2.4	Kode G Program Mesin CNC <i>Milling</i>	14
Tabel 2.5	Kode M Program Mesin CNC <i>Milling</i>	14
Tabel 2.6	Nilai Kekasaran Permukaan	26
Tabel 3.1	Komposisi Kimia <i>Stainless Steel</i> 420	35
Tabel 3.2	Sifat Fisik <i>Stainless Steel</i> 420	35
Tabel 3.3	Sifat Mekanik <i>Stainless Steel</i> 420	36
Tabel 3.4	Kecepatan Potong dan Pemakanan <i>Milling Stainless Steel</i>	37
Tabel 3.5	<i>Feed in Inches per Tooth Milling</i> dengan Pahat HSS	37
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan VB Awal	51
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan VB Setelah <i>Test 1</i>	52
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan VB Setelah <i>Test 2</i>	52
Tabel 4.4	Nilai Amplitudo Frekuensi TPF <i>Test 1</i>	66
Tabel 4.5	Nilai Amplitudo Frekuensi TPF <i>Test 2</i>	66
Tabel 4.6	Nilai Amplitudo Frekuensi TPF <i>Test 3</i>	67
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan	69
Tabel 4.8	Rata-Rata Amplitudo pada 1x TPF hingga 4x TPF	71