

SKRIPSI

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN
KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *DRILLING*
MENGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN
RESPON**



AFLAA AUFAAROZA ABDURRAFI SYAHMORA

03051281924076

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN
KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *DRILLING*
MENGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN
RESPON**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
AFLAA AUFAAROZA ABDURRAFI SYAHMORA
03051281924076**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *DRILLING* MENGGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN RESPON

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya


Oleh:

AFLAA AUFAAROZA ABDURRAFI SYAHMORA
03051281924076

Palembang, Juni 2023

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D

NIP. 196409111999031002


Arie Yudha Budiman ST.MT


NIP. 1671090705750004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM
NIP. 197112251997021001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 017 /TH /AK / 202
Diterima Tanggal : 21 - 09 - 2027
Paraf : 

SKRIPSI

NAMA : AFLAA AUFAAROZA ABDURRAFI SYAHMORA
NIM : 03051281924076
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN
KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *DRILLING*
MENGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN
RESPON
DIBUAT TANGGAL : 15 JULI 2022
SELESAI TANGGAL : 27 JUNI 2023



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D
NIP. 196409111999031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *DRILLING* MENGGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN RESPON” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juni 2023.


Palembang, 3 Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi:

Pembimbing:

1. Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D

NIP. 196409111999031002

(
.....)

2. Arie Yudha Budiman S.T., M.T.


NIP. 1671090705750004

(
.....)

Tim Pembahas:

Ketua: 1. Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T.

NIP. 197002281994121001

(
.....)

Anggota: 2. M. A. Ade Saputra S.T., M.T.

NIP. 198711302019031006

(
.....)

3. Arie Yudha Budiman S.T., M.T.

NIP. 1671090705750004

(
.....)



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. IPM
NIP. 197112251997021001

KATA PENGANTAR

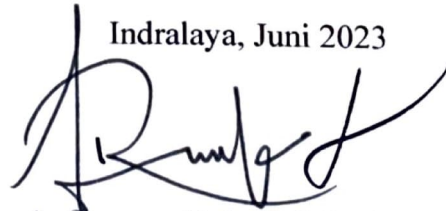
Puji syukur kepada Allah SWT yang dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses *Drilling* Menggunakan Metodologi Permukaan Respon”. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala macam bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini kepada:

1. Kedua orangtua ayahanda Abi Syahmora S.H. M.T. dan ibunda Lepy Desmianti S.T. M.T. yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Arie Yudha Budiman ST.,MT selaku dosen pembimbing kedua.
4. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T. selaku dosen pembimbing akademik .
5. Seluruh civitas akademika jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan khususnya bagi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Indralaya, Juni 2023



Aflaa Aufarozza Abdurrafi Syahmora

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aflaa Afaaroza Abdurrafi Syahmora

NIM : 03051281924076

Judul : Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses
Drilling Menggunakan Metodologi Permukaan Respon

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

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

Palembang, Juli 2023



Aflaa Afaaroza Abdurrafi S
NIM. 03051281924076

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aflaa Aafaaroza Abdurrafi Syahmora

NIM : 03051281924076

Judul : Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses
Drilling Menggunakan Metodologi Permukaan Respon

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

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



Palembang , Juli 2023



Aflaa Aafaaroza Abdurrafi S
NIM. 03051281924076

RINGKASAN

ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *DRILLING* MENGGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN RESPON

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2023

Aflaa Aafaaroza Abdurrafi Syahmora, dibimbing oleh Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D dan Arie Yudha Budiman S.T. M.T.

xxix + 69 Halaman, 12 Tabel, 23 Gambar, 15 Lampiran

RINGKASAN

Pemesinan *drilling* dilakukan pada banyak industri manufaktur oleh berbagai perusahaan yang terlibat pada industri otomotif, persenjataan militer, kedirgantaraan dan *aerospace industries*. Berbagai aspek pemesinan seperti penggunaan cairan pendingin, material pahat dan benda kerja, serta berbagai parameter seperti kecepatan potong dan kecepatan gerak makan akan menentukan hasil dan kualitas lubang yang dihasilkan dari suatu pemesinan *drilling* serta berdampak langsung terhadap keausan dari pahat yang digunakan pada pemesinan *drilling*. Kekasaran permukaan merupakan salah satu tolak ukur untuk mengukur kualitas dari suatu proses pemesinan *drilling*. Angka kekasaran permukaan yang optimum dapat dicapai dengan pengoptimalan parameter pemesinan *drilling* itu sendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh dari variabel input berupa kecepatan potong dan kecepatan gerak makan pada proses *drilling* terhadap kekasaran permukaan dan keausan pahat dan untuk mendapatkan persamaan matematis untuk menghitung angka kekasaran permukaan prediksi. Metode pengolahan data yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* untuk melihat perbandingan pengaruh diantara kedua variabel input, *Analysis of Variance* untuk mengukur signifikansi statistik dari variabel input (kecepatan potong dan kecepatan gerak makan) terhadap model respons (kekasaran permukaan) dan *Mean Square Error* untuk melihat estimasi kesalahan dari angka prediksi. Pengujian dilakukan dengan

pahat *twist drill* HSS dan benda kerja aluminium. Variasi kecepatan potong yang digunakan sebesar 11.8934 m/min, 15 m/min, 22.5 m/min, 30 m/min, dan 33.1066 m/min. Variasi kecepatan gerak makan sebesar 0.04172 mm/tooth, 0.05 mm/tooth, 0.07 mm/tooth, 0.09 mm/tooth, dan 0.09828 mm/tooth. Pengujian dilakukan dengan metode *Central Composite Design* sehingga didapatkan konfigurasi untuk 12 kali pengujian, masing-masing pengujian dengan variasi dari kedua variabel input yaitu kecepatan potong dan kecepatan gerak makan. Angka kekasaran permukaan terendah didapat pada pengujian ke-7 yaitu R_a sebesar 0.72 μm dengan V_C sebesar 22.5 m/min dan f_z sebesar 0.04172 mm/tooth. Angka keausan pahat terendah didapat pada pengujian ke-7 yaitu V_B sebesar 0.0386 mm dengan V_C sebesar 22.5 m/min dan f_z sebesar 0.04172 mm/tooth. Menggunakan *Analysis of Variance*, didapatkan persamaan empiris untuk pemodelan *Linear* yaitu $y = 1.11 - 0.1060x_1 + 0.3265x_2$ dan pemodelan *Quadratic* yaitu $y = 1.09 - 0.1060x_1 + 0.3265x_2 - 0.0050x_1x_2 - 0.0024x_1^2 + 0.0373x_2^2$ dan dapat dilihat pengaruh dari masing-masing variabel yaitu untuk V_C memiliki pengaruh negatif berarti berbanding terbalik dengan R_a sedangkan f_z memiliki pengaruh positif yang berarti berbanding lurus dengan R_a . Menggunakan persamaan, didapatkan angka kekasaran permukaan prediksi dan menggunakan metode *Mean Square Error* didapat nilai MSE pada pemodelan *Quadratic* lebih kecil daripada pemodelan *Linear* yaitu sebesar 0.00941 terhadap 0.01022 yang berarti pemodelan *Quadratic* memiliki estimasi kesalahan yang lebih kecil dibandingkan pemodelan *Linear*.

Kata kunci : *drilling*, kekasaran permukaan, keausan pahat

SUMMARY

ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS AND TOOL WEAR ON DRILLING MACHINING USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Scientific paper in the form of a thesis, July 2023

Aflaa Aufaaroza Abdurrafi Syahmora, supervised by Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D and Arie Yudha Budiman S.T. M.T.

xxix + 69 Pages, 12 Tables, 23 Figures, 15 Appendices

SUMMARY

Drilling machining widely practiced in the manufacturing field by companies that involved in automotives, military armaments, aircraft, and aerospace industries. Various machining aspects such as the use of cutting fluid, tool and workpiece material, as well as various parameters such as cutting speed and feed will significantly affect the results and quality of the hole drilled and have a direct impact on the wear of the cutting tool used in the drilling machining. Surface roughness is one of the standards or benchmarks to measure the quality of a drilling machining. Optimum surface roughness can be achieved by optimizing the drilling machining parameters itself. This study aims to analyze the effect of cutting speed and feed in drilling on surface roughness and tool wear and to obtain a mathematical equation to calculate the predicted surface roughness value. The data processing methods used are Response Surface Methodology to compare the influence between the two input variables, Analysis of Variance to measure the statistical significane of the input variables on the response model and Mean Square Error to evaluate the estimated error of the prediction value. The cutting speed variations used were 11.8934 m/min, 15 m/min, 22.5 m/min, 30 m/min, and 33.1066 m/min. The feed used were 0.04172 mm/tooth, 0.05 mm/tooth, 0.07 mm/tooth, 0.09 mm/tooth, dan 0.09828 mm/tooth. Experiments were carried out using the Central Composite Design method to get the configuration for 12 runs, each runs with variations of cutting speed and feed. The lowest surface roughness value was obtained in the 7th runs

with R_a of 0.72 μm with variations V_C of 22.5 m/min and f_z of 0.04172 mm/tooth. The lowest tool wear was obtained in the 7th runs with V_B of 0.0386mm with variations V_C of 22.5 m/min and f_z of 0.04172 mm/tooth. Using Analysis of Variance, the empirical equation obtained for linear modelling is $y = 1.11 - 0.1060x_1 + 0.3265x_2$ and quadratic modelling is $y = 1.09 - 0.1060x_1 + 0.3265x_2 - 0.0050x_1x_2 - 0.0024x_1^2 + 0.0373x_2^2$. Can be seen the influence of each variable, V_C has negative mark which means it is inversely proportional to R_a while f_z has positive mark which means it is directly proportional to R_a . With the equation, the predicted value for surface roughness is obtained and using Mean Square Error, MSE value is gained for both modelling. Quadratic modelling has smaller MSE than Linear , which is 0.00941 to 0.01022, which means quadratic modelling has a smaller error estimation than Linear.

Keywords : drilling, surface roughness, tool wear

DAFTAR ISI

SKRIPSI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
SKRIPSI	vii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY.....	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL.....	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Material Removal Process</i>	5
2.2 <i>Drilling</i>	5
2.3 Klasifikasi Proses <i>Drilling</i>	6
2.3.1 <i>Reaming</i>	7
2.3.2 <i>Counterboring</i>	7
2.3.3 <i>Countersinking</i>	7
2.3.4 <i>Center Driling</i>	8
2.3.5 <i>Spot Facing</i>	8
2.4 Parameter Proses <i>Drilling</i>	8

2.5	CNC TU-3A.....	9
2.6	<i>Cutting Tools</i>	10
2.6.1	<i>Tool Materials</i>	11
2.6.2	<i>Tool Geometry</i>	13
2.7	<i>Cutting Fluids</i>	14
2.7.1	<i>Vegetable-Based Cutting Fluid</i>	15
2.8	Aluminium	16
2.8.1	<i>Aluminium Alloy</i>	17
2.9	<i>Green Machining</i>	17
2.9.1	<i>Dry Machining</i>	17
2.9.2	<i>Cryogenic</i>	18
2.9.3	<i>Minimum Quantity Lubrication</i>	18
2.10	<i>Tool Wear</i>	19
2.10.1	Mekanisme <i>Tool Wear</i>	19
2.10.2	Tipe <i>Tool Wear</i>	20
2.11	Kekasaran Permukaan	21
2.11.1	Parameter Kekasaran Permukaan	22
2.12	<i>Response Surface Methodology</i>	22
2.13	<i>Central Composite Design</i>	23
2.14	Ringkasan Penelitian Sebelumnya	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Diagram Alir	27
3.2	Alat Uji dan Bahan	28
3.2.1	Mesin CNC.....	28
3.2.2	<i>Minimum Quantity Lubrication</i>	29
3.2.3	Cairan Pemoangan.....	30
3.2.4	Material Benda Kerja.....	31
3.2.5	Pahat <i>Twist Drill</i>	32
3.2.6	Alat Uji Kekasaran Permukaan	33
3.2.7	Mikroskop Olympus STM-60LM	34
3.3	<i>Experimental Design</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan dari Proses Pengujian	37

4.2	Analisa Angka Hasil Kekasaran Permukaan Menggunakan RSM	38
4.2.1	Pemodelan <i>Linear</i> Kekasaran Permukaan.....	38
4.2.2	Pemodelan <i>Quadratic</i> Kekasaran Permukaan	39
4.3	<i>Model Graphs</i>	41
4.4	Prediksi Kekasaran Permukaan	42
4.5	Hasil Pengukuran Keausan Pahat	44
BAB V KESIMPULAN DAN RISET LANJUTAN (<i>CONCLUSIONS AND FUTURE WORK</i>).....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	<i>Future Work</i>	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) <i>through holes</i> dan (b) <i>blind holes</i> (Sharif dkk., 2012).....	6
Gambar 2.2 (a) <i>reaming</i> , (b) <i>counterboring</i> , (c), <i>countersinking</i> , (d) <i>center drilling</i> , dan (e) <i>spot facing</i> (Girsang dan Dhupia, 2015).....	7
Gambar 2.3 Sumbu pada CNC TU-3A (Samala dan Amanda, 2023).....	10
Gambar 2.4 Perbandingan kekerasan material terhadap temperatur (Astakhov dan Davim, 2008).	11
Gambar 2.5 Perbandingan kekerasan material terhadap ketangguhan material (Astakhov dan Davim, 2008).	12
Gambar 2.6 Geometri dari <i>twist drill</i> (Bertollo dan Walsh, 2008).	13
Gambar 2.7 Tipe-tipe keausan pahat (Astakhov dan Davim, 2008).	20
Gambar 2.8 Tipe Keausan pada Pahat <i>Twist Drill</i> (Dolinšek dkk., 2001).....	21
Gambar 2.9 Skema <i>central composite design</i> (Ait-Amir dkk., 2015).	23
Gambar 3.1 Diagram Alir	27
Gambar 3.2 Mesin CNC TU-3A	28
Gambar 3.3 UNIST MQL.....	29
Gambar 3.4 Minyak Bunga Matahari.....	30
Gambar 3.5 Kandungan Minyak Bunga Matahari	31
Gambar 3.6 Dimensi Aluminium 6061	32
Gambar 3.7 Pahat <i>Twist Drill</i> HSS	32
Gambar 3.8 <i>Accretech Handysurf E-35B Surface Roughness Tester</i>	33
Gambar 3.9 <i>Stylus</i> untuk Mengukur <i>Ra</i> pada Lubang	34
Gambar 3.10 Mikroskop Olympus STM-60LM.....	34
Gambar 3.11 <i>Central Composite Design</i> (Myers dkk., 2016).....	36
Gambar 4.1 Grafik 3D Respons	41
Gambar 4.2 Grafik Kekasaran Permukaan Aktual vs Prediksi Linear	43
Gambar 4.3 Grafik Kekasaran Permukaan Aktual vs Prediksi <i>Quadratic</i>	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin CNC TU-3A.....	29
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat MQL	30
Tabel 3.3 Data Hasil Pengukuran Viskositas	31
Tabel 3.4 Komposisi dari Aluminium 6061(Arifin dan Ahmad, 2016).....	32
Tabel 3.5 Spesifikasi Pahat <i>Twist Drill</i>	33
Tabel 3.6 Input variabel dan kode level pada CCD	35
Tabel 3.7 Konfigurasi variabel input, data pengujian dan hasil percobaan.....	36
Tabel 4.1 Nilai Kekasaran Permukaan yang Dihasilkan.....	37
Tabel 4.2 ANOVA untuk model <i>linear</i> pada <i>Ra</i>	38
Tabel 4.3 ANOVA untuk model <i>Quadratic</i> pada <i>Ra</i>	40
Tabel 4.4 Nilai Prediksi Kekasaran Permukaan <i>Linear</i> dan <i>Quadratic</i>	43
Tabel 4.5 Nilai Keausan Pahat yang Dihasilkan.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Persamaan Model Linear	55
Lampiran 2 Persamaan Model <i>Quadratic</i>	57
Lampiran 3 <i>Sunflower Oil</i>	59
Lampiran 4 Hasil Uji Komposisi Material Uji	60
Lampiran 5 Pengukuran Viskositas Minyak Bunga Matahari.....	60
Lampiran 6 Persiapan <i>Cutting Tool</i>	61
Lampiran 7 <i>Setup</i> UNIST MQL	61
Lampiran 8 <i>Setting</i> laju aliran MQL	62
Lampiran 9 Pemasangan UNIST MQL ke Mesin CNC-TU 3A.....	62
Lampiran 10 <i>Setting</i> Parameter dan Penginputan Kode pada CNC-TU 3A.....	63
Lampiran 11 G-Code Pemesinan	63
Lampiran 12 Proses Pemesinan <i>Drilling</i>	64
Lampiran 13 Hasil Pemesinan <i>Drilling</i>	64
Lampiran 14 Pengukuran Kekasaran Permukaan	65
Lampiran 15 Pengukuran Keausan Pahat	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan teknologi yang semakin pesat terutama di dunia manufaktur menuntut industri-industri manufaktur untuk mencapai target produktivitas yang tinggi dan kualitas hasil yang mumpuni, namun dengan biaya produksi yang minimum. Tuntutan tersebut termasuk kepada semua proses pemesinan tidak terkecuali dengan proses *drilling*. Proses pemesinan *drilling* dilakukan di banyak industri manufaktur, seperti industri otomotif, pesawat terbang, dan *aerospace industries*. Produktivitas yang tinggi berkaitan langsung dengan kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman potong yang tinggi yang secara signifikan akan menghasilkan panas dalam jumlah besar dan mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu di zona pemotongan. Temperatur pemotongan yang meningkat ini akan berpengaruh terhadap menurunnya akurasi dimensi, umur pahat, dan integritas permukaan hasil akhir. Cairan pemotongan merupakan salah satu komponen yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas pada proses pemesinan. Penggunaan cairan pemotongan secara efektif dapat meningkatkan umur pahat dan menghasilkan kekasaran permukaan yang baik. Pada proses pemesinan *drilling*, kekasaran permukaan serta parameter lainnya seperti deviasi diameter dan silindrisitas secara luas digunakan sebagai parameter penilaian yang penting terhadap efisiensi suatu pemesinan *drilling* dan merupakan representasi dari kualitas sebuah lubang (Martins dkk., 2021). Mekanisme kekasaran permukaan sebagian besar bergantung pada parameter pemesinan. Jika kecepatan potong atau laju pemakanan yang diperlambat hanya akan mengurangi angka kekasaran permukaan tanpa menghasilkan produktivitas yang signifikan. Oleh karena itu, optimasi parameter dan efisiensi cairan pemotongan harus dipertimbangkan secara matang agar dapat menghasilkan hasil akhir yang berkualitas (Debnath dkk., 2014).

Cairan pemotongan yang umumnya digunakan secara *flooded* memiliki peranan untuk meminimalisir panas dan gesekan di zona pemotongan dan secara bersamaan membantu membuang geram dari zona pemotongan. Penggunaannya meminimalisir keausan pahat dan meningkatkan integritas permukaan. Namun, cairan pemotongan dalam jumlah yang besar melibatkan biaya produksi yang lebih tinggi. Selain itu cairan pemotongan berbasis mineral konvensional dan cairan pemotongan sintetis menimbulkan bahaya kesehatan yang serius bagi operator mesin. Paparan cairan pemotongan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan penyakit seperti asma, iritasi, kanker kulit, dan lainnya. Terlepas dari semua permasalahan tersebut, pembuangan limbah cairan pemotongan juga menimbulkan masalah besar. Limbah cairan pemotongan dapat mencemari air dan permukaan tanah jika tidak didaur ulang dengan benar (Singh dkk., 2016).

Dengan berbagai kerugian yang dihasilkan dari penggunaan cairan pemotongan mineral dan sintetis, dalam beberapa dekade terakhir penggunaan cairan pemotongan mineral dan sintetis telah digantikan oleh cairan pemotongan berbahan dasar minyak nabati yang di produksi langsung dari pangan hasil pertanian seperti minyak kelapa, minyak biji bunga matahari, minyak kastor, minyak jagung, dan lain-lain. Penggunaan minyak nabati sebagai cairan pemotongan tentunya lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan cairan pemotongan mineral karena sifatnya yang terbarukan dan dapat terurai secara alami serta tidak beracun (Koushik dkk., 2014).

Metode penyemprotan cairan yang cocok digunakan menggunakan cairan pemotongan nabati adalah sistem *Minimum Quantity Lubrication* atau MQL. Prinsip dasar dari MQL adalah menyemprotkan cairan pemotongan dalam jumlah yang sangat kecil langsung ke zona pemotongan. Metode MQL dapat menghemat sejumlah besar biaya pemesinan dengan menghilangkan teknik pendinginan konvensional yaitu *flooding*. Biaya yang terkait dengan teknik pendinginan konvensional di antaranya adalah konsumsi air, chiller, peralatan filtrasi, pompa dan perpipaan serta pengolahan air limbah. Beberapa persyaratan agar suatu cairan pemotongan dapat digunakan dengan metode MQL adalah dapat terurai secara alami dan memiliki efek pelumasan yang tinggi sehingga dapat memenuhi persyaratan pemesinan yang berkelanjutan dan rendah konsumsi

cairan pemotongan. Minyak nabati adalah jenis cairan pemotongan yang paling banyak digunakan dengan metode MQL dibandingkan cairan pemotongan konvensional karena memiliki daya serap tekanan yang lebih besar, dapat meningkatkan laju pembuangan logam dan mengurangi kerugian akibat vaporasi atau penguapan (Hamran dkk., 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, rumusan masalah yang akan dianalisa pada penelitian ini adalah penggunaan sistem MQL menggunakan minyak bunga matahari pada pemesinan *drilling* benda kerja aluminium 6061 terhadap nilai kekasaran permukaan dan keausan pahat dengan variasi variabel input berupa kecepatan potong dan kecepatan gerak pemakanan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah CNC TU-3A
2. Jenis pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah *twist drill* HSS dengan diameter 8mm.
3. Menggunakan sistem MQL sebagai metode penyemprotan cairan pemotongan menggunakan minyak bunga matahari.
4. Material benda kerja yang akan digunakan adalah aluminium 6061.
5. Proses pemesinan *drilling*.
6. Proses *drilling* yang dilakukan adalah *through holes*.
7. Variasi variabel input yang digunakan adalah kecepatan potong (V_C) dan kecepatan gerak pemakanan (f), serta panjang pemotongan secara konstan.
8. Nilai kekasaran permukaan (R_a) dan keausan pahat (V_B) dianalisis.
9. Data hasil akan dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Response Surface Methodology* berbasis *Central Composite Design*.

10. Aplikasi yang digunakan untuk mendapatkan persamaan model matematika untuk kekasaran permukaan menggunakan metode RSM adalah Design Expert 13.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan nilai kekasaran permukaan (R_a) dan keausan pahat (V_B) optimum pada proses *drilling* yang variasi dipengaruhi oleh variabel kecepatan potong (V_C) dan kecepatan gerak pemakanan (f).
2. Mendapatkan persamaan model matematika menggunakan metode RSM.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bentuk kontribusi dalam pengembangan ilmu manufaktur di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bentuk penerapan *green machining* atau pemesinan ramah lingkungan.
3. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ait-Amir, B., Pougnet, P., & El Hami, A. (2015). Meta-model development. *Embedded Mechatronic Systems*, 2, 151–179. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78548-014-0.50006-2>
- Alves, S. M., & de Oliveira, J. F. G. (2006). Development of new cutting fluid for grinding process adjusting mechanical performance and environmental impact. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1–3), 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.090>
- Arifin, A., & Ahmad, M. (2016). Analisis Pengaruh Variabel Pemotongan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium Dengan Mesin Bubut Konvensional. 1–7.
- Astakhov, V. P., & Davim, J. P. (2008). Tools (Geometry and Material) and Tool Wear.
- Bertollo, N., & Walsh, W. R. (2008). Drilling of Bone : Practicality , Limitations and Complications Associated with Surgical Drill-Bits. *Advances in Biomechanics & Applications*.
- Dadić, Z. (2013). Tribological Principles and Measures to Reduce Cutting Tools Wear. International conference “Mechanical Technologies and Structural Materials” Split, September.
- Debnath, S., Reddy, M. M., & Yi, Q. S. (2014). Environmental Friendly Cutting Fluids and Cooling Techniques in Machining: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 83, 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.071>
- Dolinšek, S., Šuštaršič, B., & Kopač, J. (2001). Wear mechanisms of cutting tools in high-speed cutting processes. *Wear*, 250–251(1–12), 349–356. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(01\)00620-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(01)00620-2)
- Dwiastuti, R., & Dewi, N. K. D. P. K. (2022). Aplikasi Metode Optimasi Central Composite Design dalam Formulasi Sediaan Gel Nanopartikel Lipid dengan Bahan Aktif 4-n-Butilresorcinol. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 8(1), 71–81.

- Geng, D., Lu, Z., Yao, G., Liu, J., Li, Z., & Zhang, D. (2017). Cutting temperature and resulting influence on machining performance in rotary ultrasonic elliptical machining of thick CFRP. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 123, 160–170.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2017.08.008>
- Georgantzia, E., Gkantou, M., & Kamaris, G. S. (2021). Aluminium alloys as structural material: A review of research. *Engineering Structures*, 227(October). <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111372>
- Giasin, K., Hodzic, A., Phadnis, V., & Ayvar-Soberanis, S. (2016). Assessment of cutting forces and hole quality in drilling Al2024 aluminium alloy: experimental and finite element study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 87(5–8), 2041–2061.
<https://doi.org/10.1007/s00170-016-8563-y>
- Girsang, I. P., & Dhupia, J. S. (2015). Machine Tools for Machining. In *HandBook of Manufacturing Engineering and Technology* (Nomor September). <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4670-4>
- Groover, M. P. (2010). Part II Engineering Materials. *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems*, 98–132.
- Gupta, K. (2021). ScienceDirect A Review On Green Machining Techniques. *Procedia Manufacturing*, 51(2019), 1730–1736.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.241>
- Gupta, K., & Laubscher, R. F. (2017). Sustainable machining of titanium alloys: A critical review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 231(14), 2543–2560.
<https://doi.org/10.1177/0954405416634278>
- Hamran, N. N. N., Ghani, J. A., Ramli, R., & Haron, C. H. C. (2020). A Review on Recent Development of Minimum Quantity Lubrication for Sustainable Machining. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122165.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122165>
- Heinz, A., Haszler, A., Keidel, C., Moldenhauer, S., Benedictus, R., & Miller, W. S. (2000). Recent development in aluminium alloys for aerospace applications. *Materials Science and Engineering A*, 280(1), 102–107.

- [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(99\)00674-7](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(99)00674-7)
- J, J. (2020). Working process of TU 3a CNC frais machine using software system. *International Journal of Engineering & Technology*, 9(3), 658. <https://doi.org/10.14419/ijet.v9i3.29682>
- Jain, A., & Kansal, H. (2017). *Green Machining – Machining Of The Future*. March.
- Khunt, C. P., Makhesana, M. A., Patel, K. M., & Mawandiya, B. K. (2021). Performance assessment of vegetable oil-based minimum quantity lubrication (MQL) in drilling. *Materials Today: Proceedings*, 44, 341–345. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.741>
- Kilickap, E. (2010). Modeling and optimization of burr height in drilling of Al-7075 using Taguchi method and response surface methodology. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49(9–12), 911–923. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2469-x>
- Koushik, V., S, N. S., & Ramprasad, C. (2014). *Vegetable Oil-Based Metal Working Fluids-A Review*. June 2012.
- Krishnan, P., & Raj, S. (2022). Analysis of High Speed Drilling AISI 304 Under MQL Condition Through a Novel Tool Wear Measurement Method and Surface Integrity Studies. *Tribology International*, 176(August), 107871. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2022.107871>
- Lawal, S. A., Choudhury, I. A., & Nukman, Y. (2013). A Critical Assessment of Lubrication Techniques in Machining Processes: A Case for Minimum Quantity Lubrication Using Vegetable Oil-Based Lubricant. *Journal of Cleaner Production*, 41, 210–221. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.016>
- Liu, J., Lu, E., Yi, H., Wang, M., & Ao, P. (2017). A new surface roughness measurement method based on a color distribution statistical matrix. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 103, 165–178. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.02.036>
- Martins, P. S., Gonçalves Carneiro, J. R., Ba, E. C. T., & Vieira, V. F. (2021). Study on roughness and form errors linked with tool wear in the drilling process of an Al-Si alloy under high cutting speed using coated diamond-

- like carbon high-speed steel drill bits. *Journal of Manufacturing Processes*, 62(July 2020), 711–719. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.01.006>
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Designed Experiments (Fourth)*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Naves, V. T. G., Da Silva, M. B., & Da Silva, F. J. (2013). Evaluation of the effect of application of cutting fluid at high pressure on tool wear during turning operation of AISI 316 austenitic stainless steel. *Wear*, 302(1–2), 1201–1208. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2013.03.016>
- Nukman, Y., Farooqi, A., Al-Sultan, O., Alnasser, A. R. A., & Bhuiyan, M. S. H. (2017). A Strategic Development of Green Manufacturing Index (GMI) Topology Concerning the Environmental Impacts. *Procedia Engineering*, 184(December), 370–380. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.107>
- Ojolo, S. J., Amuda, M. O. H., Ogunmola, O. Y., & Ononiwu, C. U. (2008). Experimental determination of the effect of some straight biological oils on cutting force during cylindrical turning. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 13(4), 650–663. <https://doi.org/10.1590/s1517-70762008000400011>
- Ozcelik, B., Kuram, E., Huseyin Cetin, M., & Demirbas, E. (2011). Experimental Investigations of Vegetable Based Cutting Fluids with Extreme Pressure During Turning of AISI 304L. *Tribology International*, 44(12), 1864–1871. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2011.07.012>
- Pal, A., Chatha, S. S., & Sidhu, H. S. (2020). Experimental Investigation on The Performance of MQL Drilling of AISI 321 Stainless Steel Using Nano-Graphene Enhanced Vegetable-Oil-Based Cutting Fluid. *Tribology International*, 151(June), 106508. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106508>
- Pradhan, M. K., & Biswas, C. K. (2008). Modeling of Machining Parameters for MRR in EDM Using Response Surface Methodology. *Proceedings of the National Conference on Mechanism Science and Technology: From Theory to Application*, 1, 535–542.
- Rahim, E. A., & Sasahara, H. (2011). A Study of the Effect of Palm Oil as MQL Lubricant on High Speed Drilling of Titanium Alloys. *Tribology*

- International,44(3),309–317. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2010.10.032>
- Samala, A. D., & Amanda, M. (2023). Immersive Learning Experience Design (ILXD): Augmented Reality Mobile Application for Placing and Interacting with 3D Learning Objects in Engineering Education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 17(05), 22–35. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i05.37067>
- Saravanakumar, A., Sreenivas, P., Vijaya Kumar, S., Pradeep Kumar, U., & Rajeshkumar, L. (2022). Optimization of drilling process parameters for self-lubricants reinforced aluminium metal matrix composites. *Materials Today:Proceedings*,52,1461–1465. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.196>
- Sharif, S., Abd, E., & Sasahar, H. (2012). Machinability of Titanium Alloys in Drilling. *Titanium Alloys - Towards Achieving Enhanced Properties for Diversified Applications*, 3(c). <https://doi.org/10.5772/35948>
- Singh, T., Singh, P., Dureja, J. S., Dogra, M., Singh, H., & Bhatti, M. S. (2016). A Review of Near Dry Machining/Minimum Quantity Lubrication Machining of Difficult-To-Machine Alloys. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 18(3), 213–251. <https://doi.org/10.1504/IJMMM.2016.076276>
- Siniawski, M. T., Saniei, N., Adhikari, B., & Doezema, L. A. (2007). Influence of fatty acid composition on the tribological performance of two vegetable-based lubricants. *Journal of Synthetic Lubrication*, 24(2), 101–110. <https://doi.org/10.1002/jsl.32>
- Sreejith, P. S., & Ngoi, B. K. A. (2000). Dry machining: Machining of the future. *Journal of Materials Processing Technology*, 101(1), 287–291. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(00\)00445-3](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(00)00445-3)
- Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2018). *Metal Cutting Theory and Practice*. In *Metal Cutting Theory and Practice*. <https://doi.org/10.1201/9781315373119>
- Sucharitha, M., & Ravisankar, B. (2018). Preparation and Characterization of Aluminium Metal Matrix Composites. *Advanced Science, Engineering and Medicine*, 10(3), 304–307. <https://doi.org/10.1166/ asem.2018.2165>

- Sundi, S. A., Izamshah, R., Kasim, M. S., Jaafar, M. F., & Hassan, M. H. (2021). Milling/Trimming of Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRP): Recent Advances in Tool Geometrical Design. January, 101–128. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4153-1_4
- Suresh Kumar, B., Baskar, N., & Rajaguru, K. (2020). Drilling operation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 21, 926–933. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.160>
- Tazehkandi, A. H., Pilehvarian, F., & Davoodi, B. (2014). Experimental Investigation on Removing Cutting Fluid from Turning of Inconel 725 With Coated Carbide Tools. *Journal of Cleaner Production*, 80, 271–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.098>
- Thomas, J., Kunte, K., & Arote, V. (2016). Review On Machining Techniques : Dry Machining and Cryogenic Machining. *internasioanl jurnal of advance research in science and engineering*, 5(2319–8354), 188–194.
- Tolouei-Rad, M., & Aamir, M. (2021). Analysis of the Performance of Drilling Operations for Improving Productivity. *Drilling Technology*, March. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96497>
- Tonshoff, H. K. I., Konig, I., Neises, A., & Aachen, R. (1994). Machining of Holes Developments in Drilling Technology. 43, 551–561.
- Zhang, J., Song, B., Wei, Q., Bourell, D., & Shi, Y. (2019). A Review of Selective Laser Melting of Aluminum Alloys: Processing, Microstructure, Property and Developing Trends. *Journal of Materials Science and Technology*, 35(2), 270–284. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2018.09.004>