

Pengaruh Sudut Potong Utama *Endmill*, Kecepatan dan Arah Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material St 37 Pada Proses Frais Konvensional

Mahbub Muttahid^a, Anis Siti Nurrohkayati^a, Andi Nugroho^a

^aUniversitas Muhammadiyah Kalimantan Timur
Samarinda

e-mail: asn826@umkt.ac.id

Abstract

One of the machines that are often used in the machining process is a milling machine. Milling machines are widely used in machining processes to make a product, where the product will produce different surface roughness values. Surface roughness is one of the factors that determine the quality of a product. The smaller the value of the surface roughness of the product, the better the quality, and the higher the value of the surface roughness of the product, the worse the quality. Therefore, a study was conducted to determine the effect of the main endmill cutting angle, feed direction and feed speed on the roughness of the conventional milling process. In this study, ST 37 steel was used with the Taguchi research method. For the design of the experiment using the orthogonal array L4 (23), where this research was carried out 4 times with 4 repetitions. This study has 3 control factors with each control factor having 2 levels. In the milling process using a conventional milling machine and for roughness testing using a surface roughness tester. From the results of this test it was found that the direction of feeding has the highest contribution to surface roughness. In this study the most optimal parameters were the main endmill cutting angle of 10°, feeding speed of 60 mm/min, and feeding direction Y.

Keywords: Milling; Surface Roughness; Taguchi; Orthogonal Array

Abstrak

Salah satu mesin perkakas yang sering digunakan dalam proses pemesinan adalah mesin frais. Mesin frais banyak digunakan dalam proses pemesinan untuk membuat suatu produk, dimana produk tersebut akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang berbeda beda. Kekasaran permukaan menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas suatu produk. Semakin kecil nilai kekasaran permukaan produk maka semakin baik kualitasnya, dan semakin tinggi nilai kekasaran permukaan produk maka semakin buruk kualitasnya. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh sudut potong utama endmill, arah pemakanan dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran pada proses frais konvensional. Pada penelitian ini menggunakan bahan baja ST 37 dengan metode penelitian Taguchi. Untuk perancangan percobaannya menggunakan orthogonal array L4 (23), dimana penelitian ini dilakukan sebanyak 4 kali percobaan dengan 4 kali pengulangan. Penelitian ini memiliki 3 faktor kontrol dengan masing masing faktor kontrol memiliki 2 level. Pada proses pengefraisan menggunakan mesin frais konvensional dan untuk pengujian kekasarannya menggunakan alat uji surfaces roughness tester. Dari hasil pengujian ini didapatkan bahwa arah pemakanan memiliki kontribusi yang paling tinggi terhadap kekasaran permukaan. Pada penelitian ini parameter yang paling optimal adalah sudut potong utama endmill 10°, kecepatan pemakanan 60 mm/min, dan arah pemakanan Y.

Kata Kunci: Frais; Kekasaran Permukaan; Taguchi; Orthogonal Array

1. Pendahuluan

Proses pemesinan adalah suatu proses yang dilakukan untuk membentuk suatu benda kerja dengan cara mengurangi sebagian material dari benda kerja sehingga menjadi produk yang diinginkan dengan menggunakan mesin perkakas. Salah satu mesin perkakas yang sering digunakan dalam proses pemesinan adalah mesin frais.

Mesin frais banyak digunakan dalam proses pemesinan untuk membuat suatu produk, dimana produk tersebut akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang berbeda beda. Ada yang permukaannya kasar dan ada juga yang permukaannya halus. Kekasaran permukaan menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas suatu produk. Semakin kecil nilai kekasaran permukaan produk maka semakin baik kualitasnya, dan semakin tinggi nilai kekasaran permukaan produk maka semakin buruk kualitasnya (Cahyono, Mufarida, & Finali, 2017).

Kualitas permukaan yang halus tidak hanya terkait dengan toleransi dan estetika suatu produk, tetapi juga berkaitan dengan panjangnya masa pakai terutama untuk permukaan yang saling bersentuhan dan bergesekan. Kekasaran permukaan suatu produk dapat mempengaruhi berbagai fitur produk, seperti akurasi dan kemampuan untuk mendistribusikan pelumas. Kekasaran menjadi tolak ukur keakuratan produk dalam proses pembuatannya, karena semakin halus permukaannya semakin baik akurasi dan kemampuannya untuk mendistribusikan pelumas secara merata (Prayoga, Jufriadi, & Mawardi, 2020).

Pahat atau cutter merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam pengfraisan, oleh karena itu pahat harus dijaga tetap tajam dan kuat. Pahat mengalami gesekan langsung dengan benda kerja, yang menghasilkan panas sehingga dapat meningkatkan suhu pada pahat terutama bidang aktif pahat. Hal ini dapat menyebabkan keausan pahat dan jika terjadi secara terus menerus akan meningkatkan gaya pemotongan sehingga mengurangi kualitas produk (Ribowo & Sunyoto, 2018).

Sudut penyayat endmill cutter yang besar, akan menyebabkan mata potong lancip. Tajam pada saat awal penyayatan, namun seiring pertambahan waktu endmill cutter akan mudah mengalami keausan. Sudut penyayat endmill cutter yang kecil, akan menyebabkan mata potong tumpul. Mata potong menjadi tidak tajam. Akibatnya gaya pemotongan semakin besar, sehingga gesekan dengan benda kerja juga semakin besar, yang menyebabkan keausan mulai tumbuh linear sesuai waktu pemakanan (Ribowo & Sunyoto, 2018).

Arah pemakanan juga akan mempengaruhi gesekan antara endmill dengan benda kerja (Ribowo & Sunyoto, 2018). Namun pada kenyataannya di lapangan, penentuan arah pemakanan sering diabaikan, sehingga kemampuan penyayat endmill terhadap benda kerja menjadi tidak maksimal, dan dapat menurunkan kemampuan penyayat endmill.

Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk menentukan tingkat kekasaran suatu produk sering kali hanya melakukan perubahan parameter pemesinan akan tetapi tidak merubah bentuk dari geometri alat potong dan arah penyayatannya. Melihat permasalahan itu maka penulis sangat tertarik untuk mengetahui lebih jauh lagi tentang seberapa besar pengaruh sudut potong utama atau geometri alat potong frais khususnya pada endmill cutter serta kecepatan dan arah pemakanan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37 dengan menggunakan metode Taguchi.

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini berfokus pada kekasaran permukaan hasil pengfraisan sebagai berikut: Apakah variasi sudut potong utama endmill cutter mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan baja ST 37? Apakah variasi kecepatan pemakanan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan baja ST 37? Apakah variasi arah pemakanan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan baja ST 37? Berapakah besar sudut potong utama dan kecepatan makan serta bagaimana arah pemakanan yang ideal untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang optimal pada proses pengfresan. Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui pengaruh sudut potong utama endmill cutter terhadap kekasaran permukaan baja ST 37.

- Mengetahui pengaruh kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37.
- Mengetahui pengaruh arah pemakanan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37.
- Mengetahui besar sudut potong utama dan kecepatan makan serta arah pemakanan yang ideal untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang optimal pada proses pengefresan.

Penelitian ini juga memiliki batasan masalah agar penelitian yang dilakukan dapat berfokus kepada tujuan yang ingin dicapai. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu: mesin frais yang digunakan adalah mesin frais vertikal, material yang digunakan adalah material ST 37, kedalaman potong sebesar 0.2 mm, dan kecepatan putaran spindle sebesar 440 rpm, menggunakan gerakan eretan otomatis.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang penulis telaah diantaranya yaitu yang dilakukan oleh Cahyono, dkk (2017) yang menghasilkan bahwa spindle mempunyai pengaruh yang berbanding terbalik terhadap nilai kekasaran permukaan yaitu semakin tinggi kecepatan spindle maka nilai kekasaran permukaan akan semakin kecil dan sebaliknya. Sedangkan kedalaman pemakanan mempunyai pengaruh yang berbanding lurus terhadap nilai kekasaran permukaan yaitu semakin tinggi kedalaman pemakanan maka nilai kekasaran permukaan semakin besar dan sebaliknya.

Penelitian yang ditelaah kedua yaitu dilakukan oleh Prayoga, dkk (2020) dengan menggunakan metode Eksperimental. Hasilnya dengan menggunakan kecepatan potong V_c yang konstan, Semakin tinggi kedalaman pemakanan maka nilai kekasaran permukaan semakin besar.

Yang ketiga yaitu oleh Ribowo, (2020) yang menggunakan metode desain eksperimen factorial. Dalam penelitian ini dihasilkan bahwa dimana sudut penyayat endmill cutter yang besar, akan menyebabkan mata potong lancip. Tajam pada saat awal penyayatan, namun seiring pertambahan waktu pemakanan akan mudah mengalami keausan. Sudut penyayatan endmill cutter yang kecil, akan menyebabkan mata potong tumpul. Mata potong menjadi tidak tajam. Akibatnya gaya pemotongan semakin besar, sehingga gesekan dengan benda kerja juga semakin besar, yang menyebabkan keausan mulai tumbuh linear sesuai waktu pemakanan. Arah pemakanan pada proses endmilling Baja ST 40 menggunakan mesin frais konvensional dengan hasil keausan endmill cutter terkecil adalah pemakanan berlawanan arah.

2.2 Klasifikasi Proses Pemesinan

Pengelompokan proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam kedalam tiga kelompok dasar, yaitu : proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan non konvensional. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (shearing) dan pengepresan (pressing). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (turning), proses frais (milling) dan proses sekrap (shaping). Prinsip pemotongan logam pada proses pemesinan dilakukan dengan cara memotong bagian benda kerja yang tidak digunakan menggunakan pahat (cutting tool), sehingga permukaan benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan.

2.3 Proses Pemesinan Frais

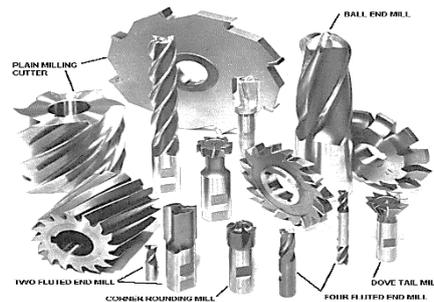
Proses pemesinan dengan mesin frais merupakan proses pemotongan benda kerja yang sangat efektif karena proses penyayatannya menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar (Fitriana & Suryanto, 2021). Hasil proses penyayatannya bisa berbentuk datar, menyudut, melengkung atau bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Contoh produk yang dibuat dengan menggunakan mesin frais antara lain roda gigi dan

alur yang ada di poros (Firdaus, Hartono, & Lesmanah, 2021). Mesin frais konvensional posisi spindelnya ada dua macam yaitu horizontal dan vertikal.

Menurut (Widarto, 2008), proses frais berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi pahat terhadap benda kerja dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis yaitu: frais periperal, frais muka, frais jari.

2.4 Pisau Frais

Pisau frais atau gigi pisau frais pada umumnya terbuat dari bahan-bahan high speed steel (HSS), cemented carbide atau cast alloy. Pisau frais dapat dibedakan mejadi pisau frais solid dan pisau frais inserted (Rahdiyanta, 2010).



Gambar 2.1 Pisau Frais Tipe Solid. Sumber : (Rahdiyanta, 2010)



Gambar 2.2 Pisau Frais Tipe Insert. Sumber : (Rahdiyanta, 2010)

2.5 Material Baja ST 37

Bahan material benda kerja adalah salah satu faktor yang ikut mempengaruhi kualitas hasil proses frais. Hal ini berhubungan terhadap sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan tersebut. Sifat-sifat itu terdiri dari sifat keras, lunak dan lain-lain. Setiap bahan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

Material logam yang cukup sering digunakan adalah Baja ST 37. Baja ST 37 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak, Baja ST37 adalah baja yang memiliki nilai kekerasan yang cukup rendah, dengan kadar karbon sekitar 0,06% sehingga memiliki mampu keras yang tergolong rendah (Hartanto, Suprpto, & Widyastuti, 2020). Baja ST 37 adalah berarti baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 37 kg/mm² sampai 45 kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Baja jenis ini banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam permesinan (Sugiyanto & Prabowo, 2018).

2.6 Kekerasan Permukaan

Tingkat kerataan dan kekasaran permukaan mempunyai peran penting dalam perencanaan komponen pemesinan. Khususnya mengenai masalah gesekan, pelumasaan dan keausan. Hal ini dimaksudkan agar komponen mesin yang dipakai bisa digunakan dalam jangka waktu panjang. Tingginya nilai kekasaran permukaan yang terdapat pada komponen-komponen rangkaian mesin dapat menyebabkan kerusakan salah satunya yaitu keausan yang mengakibatkan proses pengerjaan atau proses jalannya mesin akan terhambat. Oleh sebabnya tingkat kerataan dan kekasaran permukaan yang di hasilkan dari proses pengefraisan amat

sangat diperhatikan agar supaya hasil dari proses pengefraisan mendapatkan kerataan dan kekasaran yang rendah (Firdaus, Hartono, & Lesmanah, 2021).

Kekasaran permukaan dapat dinyatakan dengan berbagai cara. Umumnya cara yang digunakan adalah dengan menyatakan penyimpangan rata-rata aritmatik dan garis rata-rata profil (Ra). Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12 (Munadi, 1988).

Untuk menunjukkan harga kekasaran permukaan rata-rata beserta toleransinya dapat dilihat pada tabel ISO 1302 berikut ini :

Tabel 2.1 Nilai Kekasaran Permukaan Menurut Standar ISO 1302

Roughness value (Ra)		Roughness grade numbers
μm	μin	
50	2000	N 12
25	1000	N 11
12,5	500	N 10
6,3	250	N 9
3,2	125	N 8
1,6	63	N 7
0,8	32	N 6
0,4	16	N 5
0,2	8	N 4
0,1	4	N 3
0,05	2	N 2
0,025	1	N 1

Sumber : (ISO-1302, 2002)

Harga kekasaran permukaan yang lazim digunakan pada benda kerja pemesinan merupakan harga kekasaran rata-rata (Ra / roughness arithmetic) (Sueb, Yogaswara, & Darso, 2004).

2.7 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metode statistik yang digunakan untuk meningkatkan mutu suatu produk. Metode Taguchi diperkenalkan pertama kalinya oleh Dr. Genichi Taguchi. Dalam sebuah penelitian, semakin banyak jumlah pengujian semakin lama waktu penelitian maupun biaya penelitian. Cara untuk mengurangi jumlah eksperimen salah satunya adalah dengan memakai desain eksperimen dengan metode Taguchi (Astanto, Burhanuddin, & Ibrahim, 2020).

Ekperimen Taguchi pada umumnya dikelompokkan dalam beberapa tahapan, tahapan-tahapan tersebut antara lain sebagai berikut (Wahyudi, Suryapranatha, Nindiani, & Waluya, 2020): tahap perencanaan, tahap pelaksanaan, dan tahap analisa.

3. Metodologi

3.1 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan di tiga lokasi, diantaranya:

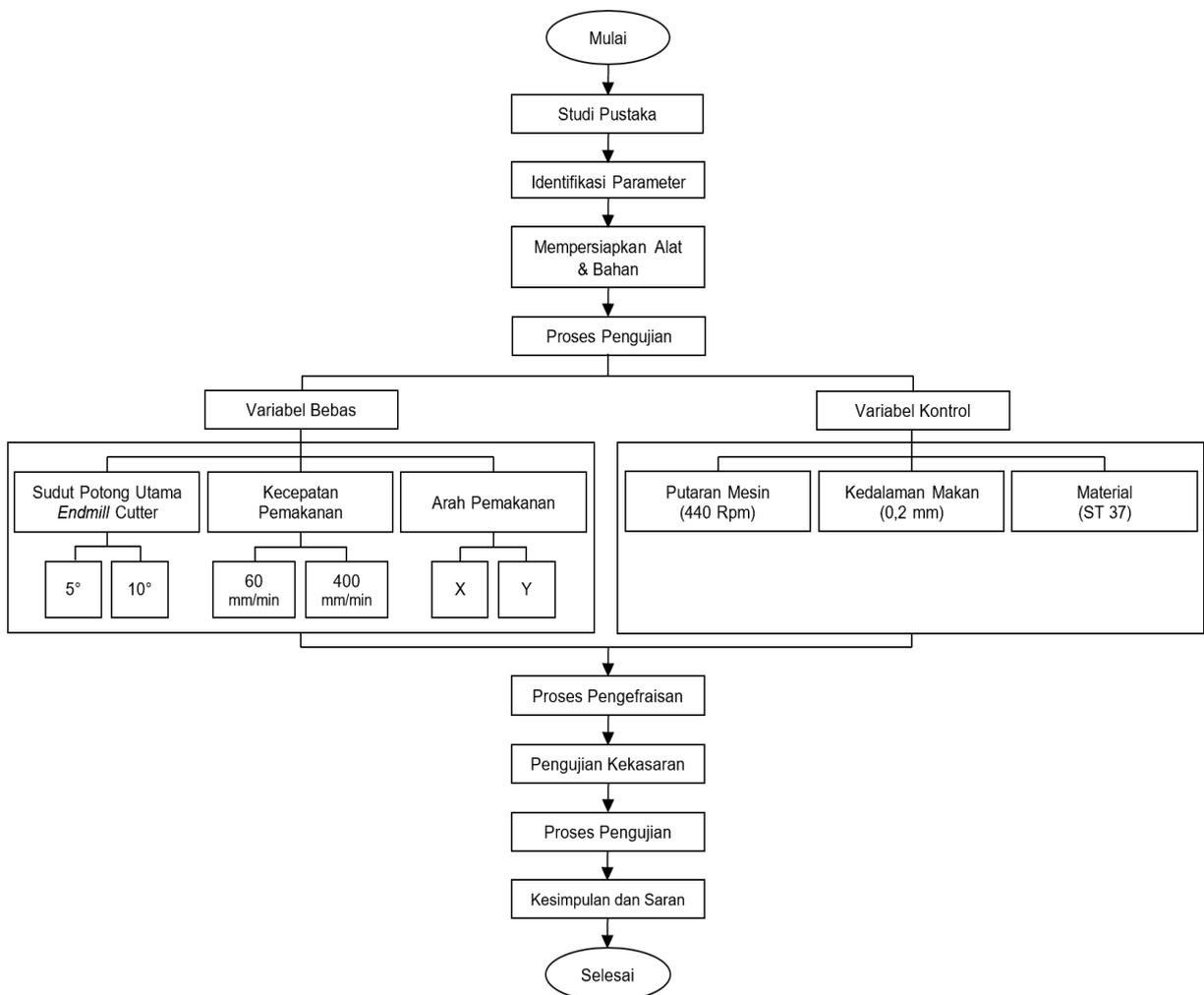
- Proses pengerindaan endmill cutter
Tempat: Workshop Teknik Manufaktur Balai Besar Pelatihan Vokasi Dan Produktivitas Bandung

- Jalan : Jl. Gatot Subroto No.170, Kec Batununggal, Bandung
- Proses pengefraisan
Tempat: Workshop Teknik Manufaktur Balai Pelatihan Vokasi Dan Produktivitas Samarinda
Jalan : Untung Suropati, Sungai Kunjang, Samarinda, Kalimantan Timur.
 - Pengujian kekasaran
Tempat: Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur
Jalan : Ir. H. Juanda No.5, Samarinda, Kalimantan Timur.

Penelitian ini dilakukan mulai dari kegiatan pengajuan judul sampai dengan penyusunan tugas akhir membutuhkan waktu beberapa bulan, yaitu selama bulan Agustus 2021 – Desember 2022.

3.2 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin freis konvensional
2. Mesin gerinda Endmill

3. Endmill cutter
4. Jangka sorong(vernier caliper)
5. Dial indikator
6. Gergaji mesin
7. Surface Roughness Tester.
8. Baja ST 37

3.4 Rancangan Percobaan

Rancangan eksperimen (design of experiment,DOE) dalam penelitian ini adalah mengikuti metode Taguchi dengan rancangan percobaan sebagai berikut :

Menentukan variabel terikat yaitu output dari proses pengefraisan yaitu nilai kekasaran permukaan hasil pengefraisa, bebas yang dapat dilihat dalam tabel 3.1, dan variabel kontrol yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Variabel Bebas

Faktor Proses		Level	
		1	2
A	Sudut Potong	5°	10°
B	Kecepatan Pemakanan	60 mm/min	400 mm/min
C	Arah Pemakanan	X	Y

Tabel 3. 2 Variabel Kontrol

Variabel Kontrol		
1	Putaran mesin	440 Rpm
2	Kedalaman pemakanan	0,2 mm
3	Jenis <i>endmill cutter</i> yang digunakan	HSS, 4 Flute
4	Jenis material	ST 37
5	Jenis mesin frais	Vertikal, Konvensional

Menentukan matrik Ortogonal dengan memilih tiga parameter dalam penelitian ini. Masing masing parameter proses memiliki dua level. Rancangan percobaan ditentukan dengan menggunakan metode Taguchi (orthogonal array L4). Eksperimen dilakukan secara acak sesuai susunan orthogonal array L4 dan setiap kombinasi eksperimen dilakukan sebanyak 4 kali percobaan untuk mengatasi parameter gangguan yang terjadi selama proses pemesinan.

Adapun rancangan eksperimen untuk penelitian ini dapat dilihat pada table 3.3

Tabel 3.3 Rancangan Orthogonal Array L4

Setting Kombinasi ke-	A	B	C	Data Kekasaran Permukaan				Total	Rata-rata
	Sudut Potong Utama Endmill	Kecepatan Pemakanan	Arah Pemakanan	y1	y2	y3	y4		
1	1	1	1						

2	1	2	2						
3	2	1	2						
4	2	2	1						

3.5 Prosedur Pengujian

Tahapan proses dalam penelitian ini di bagi menjadi tiga yaitu proses penggerindaan sudut utama endmill cutter, proses pengefraisan dan proses pengujian kekasaran permukaan.

1. Proses Penggerindaan Sudut Potong Utama *Endmill Cutter*

Pembentukan sudut potong utama endmill cutter dilakukan di mesin gerinda khusus pengasah alat potong. Sudut potong utama merupakan variabel bebas dalam penelitian ini, sedangkan ukuran yang lainnya sesuai dengan ketentuan yang ada. Dalam hal ini sudut potong utama yang di bentuk adalah 5° dan 10° .

2. Proses Pengefraisan

Sehubungan pengujian dilakukan untuk pengerjaan finishing, maka terlebih dahulu benda uji disiapkan sesuai dengan ukuran yang di inginkan. Dalam hal ini material ST 37 disiapkan dengan ukuran panjang 80 mm, lebar 16 mm dan tebal 16 mm. Adapun langkah-langkah proses pengefraisannya adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan peralatan pendukung mesin frais seperti ragum yang akan digunakan dalam proses pengefraisan.
- b. Siapkan alat ukur yang akan digunakan.
- c. Periksa keadaan mesin frais, pastikan semuanya dalam keadaan baik.
- d. Atur putaran mesin dan kecepatan pemakanan sesuai dengan nilai yang telah ditentukan.
- e. Pasang benda kerja pada cekam/ragum mesin frais.
- f. Pastikan bagian bawah benda kerja dalam keadaan bertumpu pada *parallel block* sehingga ketika proses pengefraisan berlangsung, benda kerja tidak bergeser.
- g. Pasang *endmill cutter* pada spindel utama.
- h. Pastikan penempatan posisi *endmill cutter* dilakukan dengan benar, meliputi tinggi rendahnya *endmill cutter* dan juga tegak lurus terhadap benda kerja.
- i. Dekatkan *endmill cutter* pada benda kerja hingga menyentuh permukaan benda kerja sebagai tebal pemakanan nol, kemudian geser *endmill cutter* kesebelah kanan hingga ujung benda kerja.
- j. Hidupkan mesin, kemudian naikan meja frais dengan memutar handel yang tersedia sesuai dengan tebal pemakanan yang ditentukan.
- k. Aktifkan meja penghantar dengan menggunakan gerakan otomatis untuk melakukan penyayatan.
- l. Matikan gerakan otomatis jika proses pemakanan/pengefraisan telah selesai.
- m. Mundurkan meja penghantar sehingga *endmill cutter* menjauh dari benda uji, kemudian geser meja dengan memutar handel manual hingga benda uji aman untuk di lepas.
- n. Matikan mesin dan lepas benda uji dari ragum.
- o. Lakukan tahap 5 - 14 pada setiap sampel benda kerja sesuai dengan setting kombinasi *orthogonal array L4* yang telah ditentukan.

3. Proses Pengujian Kekasaran Permukaan

Berikut adalah langkah langkah proses pengujian kekasaran benda kerja hasil pengefraisan :

- a. Siapkan spesimen yang telah selesai difrais.
- b. Tekan tombol power pada roughness tester
- c. Menyeting kerataan roughness tester sampai menunjukkan angka 0 di monitor.
- d. Tempelkan sensor di atas spesimen yang telah difrais sesuai parameter yang ditentukan dan tunggu sampai proses selesai.
- e. Akan keluar hasil nilai kekasaran pada monitor roughness tester.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengefraisan

Tabel 4.1 Hasil Pengefraisan

Kombinasi	Sudut Potong Utama Endmill	Kecepatan Pemakanan	Arah Pemakanan	Hasil
1	5°	60 mm/min	X	
2	5°	400 mm/min	Y	
3	10°	60 mm/min	Y	
4	10°	400 mm/min	X	

4.1 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sudut potong utama endmill, kecepatan pemakanan, dan arah pemakanan mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pengefraisan, bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST 37 dan pengujian kekasaran menggunakan alat uji yaitu roughness tester, untuk pengambilan data kekasaran dilakukan di Laboratorium Manufaktur dan Material Fakultas Sains dan Teknologi UMKT. Adapun hasil pengujian kekasaran dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Hasil Uji Kekasaran Permukaan

eksp	A	B	C	Data Kekasaran Permukaan				Total	Rata-rata
				y1	y2	y3	y4		

1	1	1	1	1,495	1,534	1,533	1,526	6,088	1,522
2	1	2	2	1,043	1,107	1,105	1,116	4,371	1,093
3	2	1	2	0,746	0,784	0,798	0,835	3,163	0,791
4	2	2	1	2,470	2,485	2,422	2,434	9,811	2,453

Keterangan

A: Sudut Potong Utama Endmill

B: Kecepatan Pemakanan

C: Arah Pemakanan

4.3 Perhitungan ANOVA

Adapun perhitungan ANOVA dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.3 Replication Data

Eksp	R1	R2	R3	R4	Total	Mean
1	1,495	1,534	1,533	1,526	6,088	1,522
2	1,043	1,107	1,105	1,116	4,371	1,093
3	0,746	0,784	0,798	0,835	3,163	0,791
4	2,470	2,485	2,422	2,434	9,811	2,453
					AVG	1,465
					SSm	34,32

Tabel 4.4 Data Summarized Over Interaction for control factor

	B		
A	6,088	4,371	10,459
	3,163	9,811	12,974
	9,251	14,182	

Tabel 4.5 Sum of Square

SS				SSTotal
2,235	2,353	2,350	2,329	40,618
1,088	1,225	1,221	1,245	
0,557	0,615	0,637	0,697	
6,101	6,175	5,866	5,924	

Tabel 4.6 Analisis Variasi 2 Arah

Sumber	SS	dB	MS	Rasio-F	SS'	%
--------	----	----	----	---------	-----	---

A	0,40	1	0,40	428,45	0,39	6%
B	1,52	1	1,52	1647,01	1,52	24%
C (AxB)	4,37	1	4,37	4739,77	4,37	69%
e	0,01	12	0,00	1	0,01	0%
SSt	6,30	15			6,30	100%
Mean	34,32	1				
SSTotal	40,62	16				

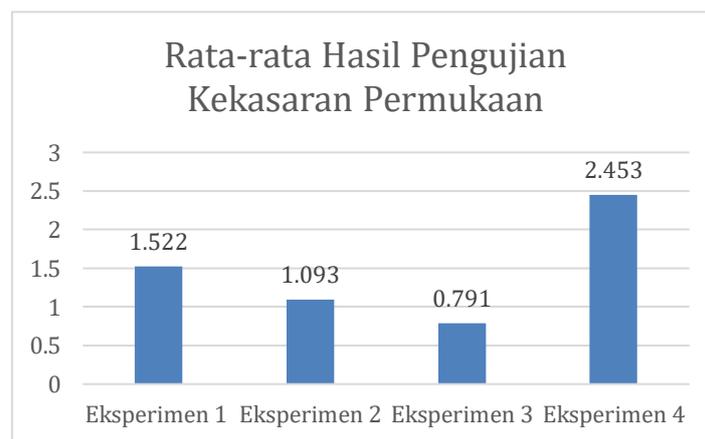
Tabel 4.7 ANOVA Result with MS-Excel

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	6,28832569	3	2,09610856	2698,8281	1,3097E-13	3,86254836
Columns	0,00408219	3	0,00136073	1,75199614	0,22599658	3,86254836
Error	0,00699006	9	0,00077667			
Total	6,29939794	15				

4.4 Analisa Hasil Uji Kekerasan

Penelitian ini dilakukan empat kali percobaan dan empat kali pengulangan. Pengujian kekasaran pada penelitian ini menggunakan alat uji kekasaran DRT320 Surface Rognes Tester. Hasil pengujian kekasaran dengan empat kali percobaan dan empat kali pengulangan di dapatkan rata-rata nilai kekasaran yaitu:

1. Pada Eksperimen 1 didapatkan nilai kekasaran rata-rata 1,522 μm .
2. Pada Eksperimen 2 didapatkan nilai kekasaran rata-rata 1,093 μm .
3. Pada Eksperimen 3 didapatkan nilai kekasaran rata-rata 0,791 μm .
4. Pada Eksperimen 4 didapatkan nilai kekasaran rata-rata 2,453 μm .



Gambar 4.1 Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Hasil pengujian kekasaran permukaan dapat dilihat pada gambar 4.1 dimana eksperimen ke tiga (3) memiliki rata-rata kekasaran permukaan yang paling rendah dan eksperimen ke empat (4) memiliki kekasaran permukaan yang paling tinggi. Pada tabel 4.2 dapat dilihat eksperimen ke

tiga (3) pengulangan pertama yang menghasilkan kekasaran permukaan yang paling rendah sedangkan eksperimen ke empat (4) pada pengulangan ke dua (2) yang menghasilkan kekasaran permukaan yang paling tinggi.

4.5 Analisa Hasil ANOVA

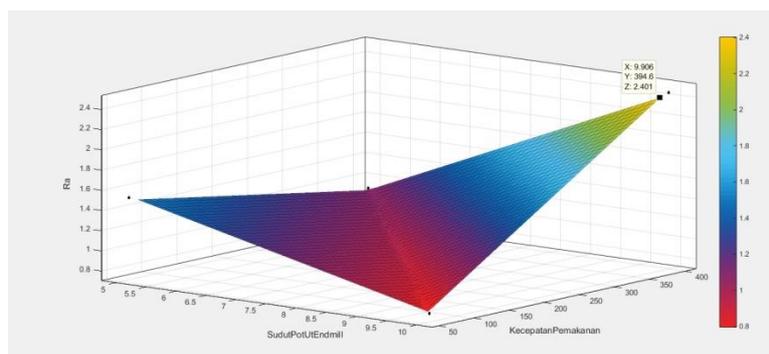
Perhitungan ANOVA dipakai untuk menganalisa faktor yang sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Perhitungan ANOVA ini menggunakan software MS Excel dan persamaan sum of square (SS). Berdasarkan hasil perhitungan SS didapatkan nilai total adalah 6,30, berdasarkan nilai SS dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hasil dari ANOVA didapatkan faktor C memiliki nilai SS tertinggi yaitu 4,37 jadi faktor C sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan sedangkan faktor yang kurang mempengaruhi kekasaran permukaan yaitu faktor A dengan nilai SS adalah 0,39. Adapun urutan faktor yang paling berpengaruh sampai yang kurang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dengan menggunakan nilai SS yaitu sebagai berikut:

1. Faktor C : 4,37
2. Faktor B : 1,52
3. Faktor A : 0,39

Pada ANOVA menggunakan analisis statistik uji F dimana Fhitung harus lebih besar dari FTabel untuk menentukan faktor-faktor tersebut mempengaruhi kekasaran permukaan. pada arah pemakanan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat dari Fhitung yaitu 4739,77 lebih besar dibandingkan dengan FTabel yaitu 5,79, pada Kecepatan pemakanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat dari Fhitung yaitu 1647,01 lebih besar dibandingkan dengan FTabel yaitu 5,79, pada Sudut Potong Utama Endmill memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat dari Fhitung yaitu 428,45 lebih besar dibandingkan dengan FTabel yaitu 5,79.

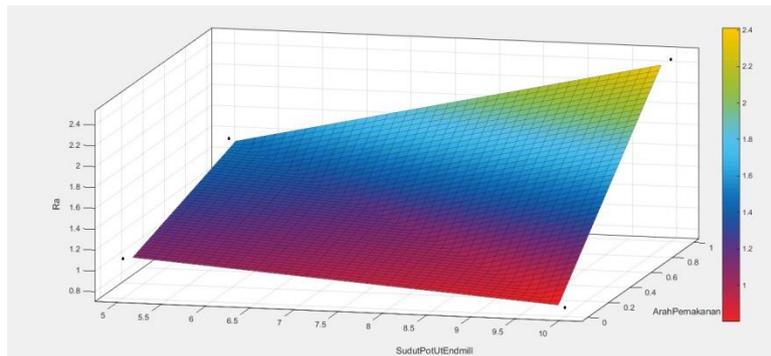
4.6 Analisa Interaksi Antar Faktor

Penelitian ini dimana interaksi antara Sudut potong utama endmill dan kecepatan pemakanan didapatkan dimana jika sudut potong semakin besar dan kecepatan pemakanan semakin kecil maka menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah, sedangkan jika sudut potong semakin kecil dan kecepatan pemakanan semakin tinggi maka kekasaran permukaan semakin tinggi, dapat dilihat dari gambar 4.2



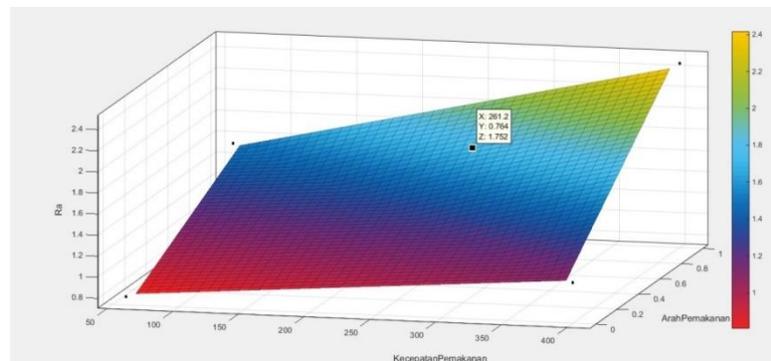
Gambar 4.2 Interaksi Antara Sudut Potong Utama Endmill dan Kecepatan Pemakanan

Pada interaksi antara Sudut potong utama endmill dan arah pemakanan didapatkan dimana jika sudut potong semakin besar dan arah pemakanan Y maka menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah, sedangkan jika sudut potong semakin kecil dan arah pemakanan X maka kekasaran permukaan semakin tinggi, dapat dilihat dari gambar 4.3



Gambar 4.3 Interaksi Antara Sudut Potong Utama Endmill dan Arah Pemakanan

Pada interaksi antara kecepatan pemakanan dan arah pemakanan didapatkan dimana jika kecepatan pemakanan semakin kecil dan arah pemakanan Y maka menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah, sedangkan jika kecepatan pemakanan semakin besar dan arah pemakanan X maka kekasaran permukaan semakin tinggi, dapat dilihat dari gambar 4.4



Gambar 4.4 Interaksi Antara Kecepatan Pemakanan dan Arah Pemakanan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa data pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa sudut potong utama endmill cutter pada penelitian ini memiliki pengaruh sebesar 6% terhadap terhadap kekasaran permukaan pada proses pengefraisan. Kecepatan pemakanan pada penelitian ini memiliki pengaruh sebesar 24% terhadap kekasaran permukaan pada proses pengefraisan. Pengaruh arah pemakanan pada penelitian ini memiliki pengaruh yang paling besar dibandingkan dengan parameter yang lainnya dimana pengaruh pada arah pemakanan ini memiliki pengaruh 69% terhadap kekasaran permukaan.. Parameter yang ideal untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang optimal pada proses pengefresan pada penelitian ini didapatkan dimana jika sudut endmill sebesar 10° dengan kecepatan pemakanan sebesar 60 mm/min dan arah pemakanan kearah Y maka di dapatkan kekasaran permukaan yang optimal.

Daftar Pustaka

- [1] A. Gunanto, & Pramono, J. (2017). Teknik Pemesinan Frais SMK/MAK Kelas XI Program Keahlian Teknik Mesin. Yogyakarta: ANDI.
- [2] Adzkari, A. (2017). Karakteristik Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Pembubutan Baja SS41 Akibat Perbedaan Nose Radius Dan Kecepatan Potong Pada Mesin Bubut CNC. Repository Universitas Negeri Jakarta.
- [3] Afriany, R., Ilmi, B., Asmadi, & Effendi, I. (2018). Pengaruh Gerak Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SS 316L Pada Proses Bubut. Jurnal Ilmiah Teknika.
- [4] Astanto, L. P., Burhanuddin, Y., & Ibrahim, G. A. (2020). Optimasi Nilai Keausan Pahat dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja Terhadap Parameter Pemesinan Milling Dengan

- Benda Kerja Magnesium Menggunakan Kombinasi Metode Taguchi dan Grey Relation Analysis. Jurnal Program Studi Teknik Mesin TURBO.
- [5] Atedi, B., & Agustono, D. (2005). Standar Kekasaran Permukaan Bidang Pada Yoke Flange Menurut ISO 1302 dan DIN 4768 Dengan Memperhatikan Nilai Ketidakpastiannya. Media Mesin.
- [6] Cahyono, A. H., Mufarida, N. A., & Finali, A. (2017). Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Stanlees Steel AISI 304 Pada Proses Frais Konvensional Dengan Metode Taguchi. J-Proteksion.
- [7] Fajrin, J., Pathurahman, & Pratama, L. G. (2016). Aplikasi Metode Analysis Of Variance (ANOVA) Untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Mortar . Jurnal Rekayasa Sipil.
- [8] Firdaus, F. N., & Susanti, N. A. (2021). Pengaruh Kecepatan Putaran dan Penyayatan Endmill Cutter Type HSS Terhadap Tingkat Kekasaran Alumunium Pada Mesin CNC. JPTM.
- [9] Firdaus, W. A., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2021). Pengaruh Jenis Pahat Frais Dengan Variasi Kecepatan Mesin Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 60. Jurnal Teknik Mesin Unisma.
- [10] Fitriana, S. N., & Suryanto, H. (2021). Pengaruh kecepatan Putaran Spindle Terhadap getaran Mesin Frais Pada Proses Pemakanan Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja. Jurnal Teknik Mesin STTR Cepu.
- [11] Hartanto, D. S., Suprpto, A., & Widyastuti, I. (2020). Analisa Variasi Waktu Penahanan Karburasi Dan Perlakuan Cryogenic Terhadap Sifat Mekanis Baja ST 37. Jurnal Transmisi.
- [12] ISO-1302. (2002). Geometrical Product Specifications - Indication of surface texture in technical product documentation. ISO 1302.
- [13] Kurniawan, Z., Yudo, E., & Rosmansyah, R. (2018). Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC Turning Menggunakan Desain Taguchi. Jurnal Manutech.
- [14] Kusumastuti, A., Khiron, A. M., & Achmadi, T. A. (2020). Metode Penelitian Kuantitatif. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- [15] Munadi, S. (1988). Dasar Dasar Metrologi Industri. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- [16] Nurroh kayati, A. S., Zulrahman, D., Syach, S., & Khairul, M. (2021). Rekayasa Kualitas Hasil Las dengan Menggunakan Metode Design of Experiment Taguchi Methode. Seminar Nasional Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- [17] Pamasaria, H. A., Saputra, T. H., Utama, A. S., & Budiantoro, C. (2020). Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing Berbahan Plastik PP Daur Ulang Dengan Menggunakan Metode Taguchi. Jurnal Material dan Proses Manufaktur.
- [18] Prayoga, Y., Jufriadi, & Mawardi. (2020). Analisa pengaruh Variasi Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Frais. Jurnal Mesin Sains Terapan.
- [19] Rahdiyanta, D. (2010). Proses Pemesinan . Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- [20] Ribowo, A. F., & Sunyoto. (2018). Pengaruh sudut penyayatan endmill cutter dan arah pemakanan terhadap keausan endmill cutter pada pengefraisan baja st 40. Jurnal Kompetensi Teknik.
- [21] Salam, R., & Sunarto. (2020). Pengaruh kecepatan potong (Vc) terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan kering baja ASTM A 29 menggunakan pahat karbida berlapis Titanium Aaluminium Nitrida (TiAlN). Jurnal Polimesin.
- [22] Setyanto, N. W., & Lukodono, R. P. (2017). Teori dan Aplikasi Desain Eksperimen. Malang: UB Press.
- [23] Sueb, W. M., Yogaswara, E., & Darso. (2004). Menggambar Bagian Mesin Secara Terperinci. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.
- [24] Sugiyanto, & Prabowo, Y. (2018). Pembuatan Kekasaran Permukaan Material ST 37 Terhadap Kecepatan Pemakanan Pada Milling Machine. Jurnal Engine.
- [25] Sunengsih, N., Winarni, S., & Amzainaa, T. G. (2017). Kajian Terhadap Metode Taguchi-Topsis Pada Optimasi Multirespon. Seminar Statistika FMIPA UNPAD.

- [26] Upara, N., & Destianto, D. A. (2019). Pengaruh Parameter Proses EDM DIE SINKING Terhadap Laju PElepasan Bahan Dan Laju Keausan Elektroda. *Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi ASIMETRIK*.
- [27] Wahyudi, Suryapranatha, D., Nindiani, A., & Waluya, A. I. (2020). Peningkatan Kualitas Di Lini Produksi Tube Printing Cold Stamping Mesin Linearis Dengan Metode Taguchi. *Conference on Innovation and Aplication of Scince and Technology*.
- [28] Widarto. (2008). *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [29] Zaman, A. N., & Afiatna, F. A. (2017). Desain Eksperimen Kekuatan Tarik Benang Plastik Menggunakan Metode Taguchi Di Perusahaan Woven. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*.