

ANALISIS PARAMETER PEMOTONGAN DAN DEBIT PENDINGIN CNC MILLING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MENGGUNAKAN BOX BEHNKEN DESIGN

M Yuda Pratama¹, Ahmad Syuhri², Boy Arief Fachri²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Email: *yudhapratama.yp833@gmail.com

ABSTRACT

Dalam proses permesinan CNC milling, kekasaran permukaan pada benda kerja merupakan salah satu hal yang terpenting. Dengan menggunakan metode box behnken design untuk mencari parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan pada benda kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan debit pendingin terhadap tingkat kekasaran permukaan. Serta mengetahui parameter manakah yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terendah pada proses permesinan CNC milling. Dari hasil analisis statistik dengan level signifikan dalam nilai $\alpha = 5\%$ (0.05) diperoleh parameter kecepatan pemakanan dengan nilai $P > F = 1.79\%$ dan kedalaman pemakanan dengan nilai $P > F = 0.03\%$ terbukti memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan, pada parameter debit pendingin terbukti tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan dengan nilai $P > F = 5.82\%$. Sedangkan kombinasi yang optimum untuk tingkat kekasaran permukaan yang terendah dapat diperoleh dengan kombinasi parameter kedalaman pemakanan 0.18 mm, kecepatan pemakanan 180 mm/menit dan debit pendingin 10 ml/detik dengan nilai kekasaran permukaan terendah 1.027 μm .

Keywords: kekasaran permukaan, box behnken design, CNC milling.

PENDAHULUAN

Perkembangan IPTEK menuntut industri manufaktur harus mampu bersaing dalam beberapa faktor penting, seperti peningkatan kualitas produk, kecepatan proses manufaktur, penurunan biaya produksi, produksi yang aman dan ramah lingkungan, [1]. Dalam industri manufaktur, proses produksi dilakukan dengan sangat cepat. Penggunaan mesin CNC sangat dianjurkan karena hasil proses yang dilakukan sangat baik dibandingkan dengan cara yang konvensional. Kualitas barang produksi yang dianggap baik biasanya ditandai dengan kualitas [2].

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. [3]. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa debit pendinginan untuk memperbaiki kualitas produk dan menjaga umur pahat selama proses pemotongan baja karbon sedang AISI 1040, variasi debit pendinginan yang digunakan yaitu 5 ml/detik, 10 ml/detik, 15 ml/detik dengan menggunakan cairan pendingin Dromus.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode observasi lapangan merupakan langkah awal yang dilakukan penulis untuk mendapatkan informasi yang berhubungan dengan objek penelitian.

Dalam penelitian ini menggunakan mesin *milling* yang memiliki sistem pengoperasian berbasis komputer (CNC) dengan merk *FOCUS ESEMKA VMC-L-540*. Seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin milling *FOCUS ESEMKA VMC-L540*

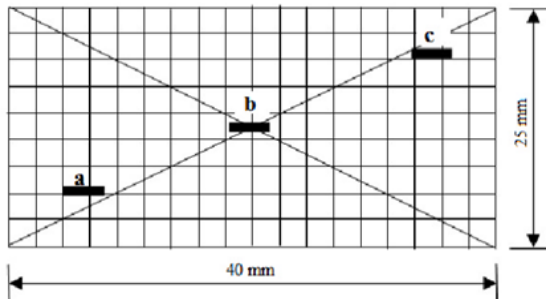
yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat *End Mill* dengan bahan *High Speed Steel* (HSS) dengan ukuran pahat 16x40x95x16 dengan

merek pahat yaitu NACHI Super Hard End Mills Four Flutes 6210 HSS-Co 4SE. Pahat ini merupakan pahat yang paling umum digunakan pada proses *milling*.

Alat uji untuk mengukur kekasaran permukaan pada benda kerja setelah proses *milling* adalah TR220 *Portable Roughness Tester*.

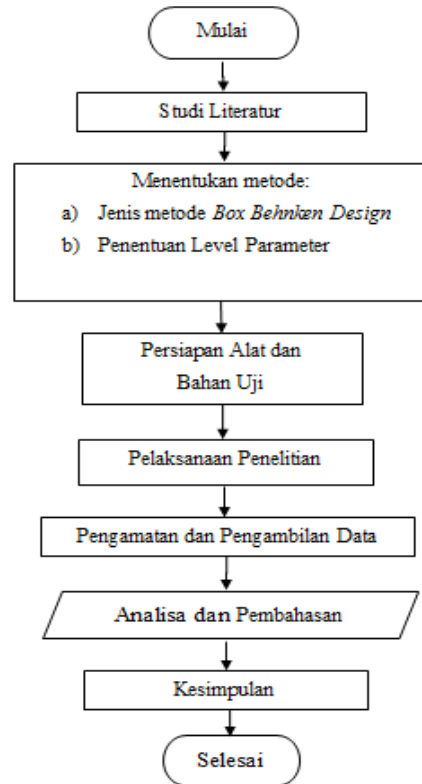
Material atau benda kerja yang digunakan adalah Baja AISI 1040. Baja AISI 1040 digunakan sebagai benda kerja dalam penelitian ini dengan berdimensi 25x25x40 mm. material ini sering digunakan sebagai material berbagai produk permesinan.

Proses pengambilan data kekasaran permukaan dilakukan pada 3 titik secara diagonal pada permukaan benda kerja Berikut Gambar 2 merupakan titik pengambilan nilai dari kekasaran permukaan.



Gambar 2. Proses pengambilan data kekasaran permukaan

Tahapan proses penelitian yang dilakukan seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan tiga variabel faktor, yaitu kecepatan pemakanan (A), kedalaman pemakanan (B), debit pendingin (C). Ketiga variabel ini diduga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon kekasaran permukaan.

Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain *Box-Behnken Design* dengan tiga faktor. Penelitian ini dilakukan sebanyak lima belas kali percobaan dengan replikasi sebanyak dua kali terlihat pada Tabel 1.

Pembentukan model diperoleh dari data percobaan yang diolah menggunakan *software Design-Expert 10*, dari data tersebut diperoleh *Analysis of variance (ANOVA)* untuk kekasaran permukaan. Level *signifikan* dalam penelitian ini menggunakan nilai $\alpha = 5\%$ (0.05)

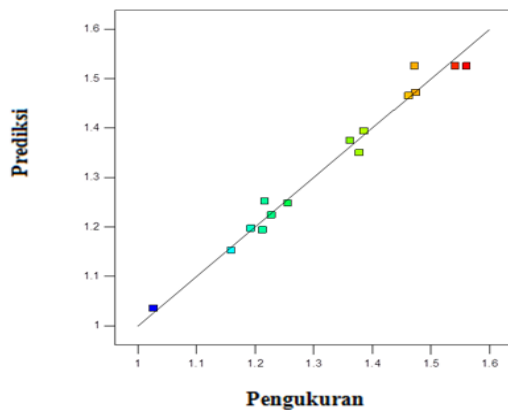
Berdasarkan Tabel 2, analisa tabel anova yang terbentuk dapat dilihat bahwa salah satu variabel faktor tidak muncul hal ini dikarenakan salah variabel faktor tersebut (debit pendingin) tidak berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Nilai F-hitung model regresi yang terbentuk adalah 25.85 menunjukkan bahwa model telah sesuai dan dari model tersebut hanya terdapat kemungkinan 0.011% nilai F-hitung lebih besar dan mengalami penyimpangan.

No	Parameter			Replikasi 1			Replikasi 2			Rata-rata			Rata-rata
	a (mm)	f (mm/menit)	Q (mikrotik)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
1	0.18	180	15	0.907	1.017	1.118	1.107	1.102	0.972	1.007	1.060	1.045	1.027
2	0.26	180	15	1.131	0.941	1.104	1.226	1.252	1.049	1.179	1.097	1.077	1.160
3	0.18	300	15	1.111	1.258	1.339	1.202	1.232	1.379	1.157	1.245	1.359	1.256
4	0.26	300	15	1.414	1.358	1.354	1.329	1.324	1.461	1.372	1.341	1.408	1.386
5	0.18	240	5	1.212	1.216	1.223	1.215	1.307	1.119	1.214	1.262	1.171	1.213
6	0.26	240	5	1.236	1.314	1.542	1.443	1.322	1.423	1.340	1.318	1.483	1.362
7	0.18	240	10	1.212	1.283	1.173	1.291	1.227	1.171	1.252	1.255	1.172	1.217
8	0.26	240	10	1.473	1.388	1.356	1.471	1.362	1.301	1.472	1.375	1.329	1.378
9	0.22	180	5	1.172	1.121	1.215	1.168	1.221	1.188	1.170	1.171	1.202	1.193
10	0.22	300	5	1.416	1.643	1.461	1.503	1.473	1.452	1.460	1.558	1.457	1.462
11	0.22	180	10	1.215	1.234	1.311	1.225	1.232	1.231	1.220	1.233	1.271	1.228
12	0.22	300	10	1.484	1.521	1.667	1.492	1.447	1.487	1.488	1.484	1.577	1.474
13	0.22	240	15	1.487	1.496	1.485	1.565	1.425	1.464	1.526	1.461	1.475	1.472
14	0.22	240	15	1.493	1.473	1.695	1.472	1.561	1.638	1.483	1.517	1.667	1.561
15	0.22	240	15	1.503	1.483	1.519	1.545	1.605	1.497	1.524	1.544	1.508	1.542

Tabel 1. Variabel faktor dan data hasil percobaan

Sumber	Jumlah Kuadrat	dk	Kuadrat Tengah	F Hitung	P > F	
Model	0.34	9	0.038	25.85	0.0011	Sesuai
A-kedalaman pemakanan	0.017	1	0.017	12.02	0.0179	
B-kecepatan pemakanan	0.11	1	0.11	77.48	0.0003	
C-variasi pendingin	8.683E-003	1	8.683E-003	5.98	0.0582	
AB	0.017	1	0.017	11.92	0.0182	
AC	9.514E-003	1	9.514E-003	6.56	0.0506	
BC	5.804E-004	1	5.804E-004	0.40	0.5549	
A ²	0.12	1	0.12	84.52	0.0003	
B ²	0.068	1	0.068	46.72	0.0010	
C ²	4.522E-004	1	4.522E-004	0.31	0.6007	
Residual	7.255E-003	5	1.451E-003			
R ²	97.90%					

Tabel 2. Analisa tabel anova untuk kekasaran permukaan



Gambar 4. Parity plot nilai prediksi dan nilai pengukuran

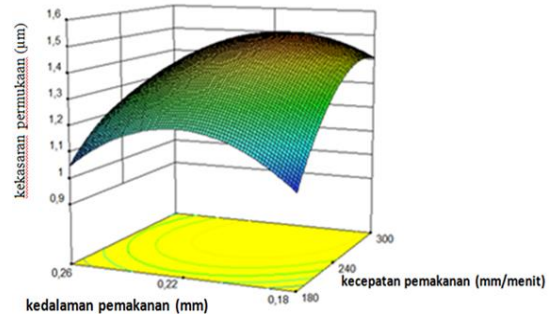
Gambar 4 menunjukkan representasi grafis dari nilai prediksi menggunakan model bersama dengan nilai pengukuran yang sesuai dari semua respon yang telah dibuat. Kesesuaian persamaan model dinyatakan valid atau sah dan tidak melanggar asumsi dasar analisis regresi karena persebaran titik pertemuan kedua nilai tidak terlalu jauh dari garis lurus dan bisa dikatakan segaris, sehingga persamaan model penduga layak digunakan.

Setelah melakukan pembentukan serta pengujian model dan hasil dari kesesuaian model terpenuhi, maka dilanjutkan analisis surface. Analisis ini digunakan untuk mendapatkan

variabel faktor (bebas) yang dapat mengoptimalkan respon, yaitu meminimalisir kekasaran permukaan. Surface akan dihubungkan antara respon kekasaran permukaan dengan dua variabel bebas sedangkan variabel bebas satunya konstan pada level 10 ml/detik.

Dari Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan minimum yaitu $\pm 1,027 \mu\text{m}$ akan tercapai jika kedalaman pemakanan pada 0.18mm dan kecepatan pemakanan berada pada

level 180 mm/menit, sedangkan debit pendingin dibuat konstan pada level 10 ml/detik.



Gambar 5. Analisis surface

Kecepatan pemakanan yang di peroleh dari nilai kekasaran terendah pada penelitian ini yaitu 180mm/menit. Semakin rendah kecepatan pemakanan maka kekasaran permukaan akan semakin kecil. Pada kecepatan pemakanan yang tinggi pergeseran pahat untuk menyayat benda kerja pada proses pemesinan CNC Milling akan semakin cepat dan pergerakan pahat untuk melakukan pemakanan pada permukaan benda kerja akan semakin besar, akibatnya pada benda kerja terdapat bagian yang tidak tersayat secara sempurna sehingga akan meninggalkan alur pengerjaan yang besar dan akan semakin kasar.

Kedalaman pemakanan memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan, dalam penelitian ini level kedalaman pemakanan yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah adalah 0,18 mm, Dalam proses permesinan, kedalaman pemakanan yang rendah membuat beban pada saat melakukan penyayatan semakin kecil. Semakin besar kedalaman pemakanan maka semakin besar usaha pahat untuk memotong benda kerja sehingga kekasaran permukaan yang terjadi semakin tinggi.

Cairan pendingin pada proses pemesinan sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja sehingga dapat meningkatkan kualitas produk. Gesekan antara pahat dan benda kerja akan menimbulkan panas sehingga mengakibatkan merenggangnya ikatan antar partikel yang menyebabkan keausan. Dengan jumlah debit yang semakin besar maka akan mempercepat penyerapan panas yang timbul, sehingga akan memperkecil keausan yang terjadi [4]. Dalam metode pendinginan tidak semua mampu melakukan penetrasi daerah kontak antara pahat dan geram sehingga pendinginan daerah pemotongan tidak efektif. Pendinginan yang tidak mampu bekerja secara efektif dalam mendinginkan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada pahat akibat temperatur tinggi seperti keausan dan keretakan [5].

Optimasi respon adalah bertujuan untuk mencari kombinasi level-level variabel prediktor

yang dapat menghasilkan respon terbaik (target, minimum, dan maksimum) maka digunakan metode permukaan respon dengan pendekatan fungsi *desirability*.

No	kedalaman pemakanan	kecepatan pemakanan	debit pendingin	kekasaran permukaan	Desirability
1	0.180	180.000	10.000	1.027	1.000 <i>dipilih</i>
2	0.180	180.000	10.000	1.035	0.986
3	0.258	180.000	10.000	1.038	0.979
4	0.259	180.000	10.000	1.046	0.965
5	0.259	180.000	10.000	1.059	0.941
6	0.181	180.000	10.000	1.064	0.930
7	0.181	180.000	10.000	1.068	0.924
8	0.180	181.809	10.000	1.068	0.923
9	0.180	185.416	10.000	1.087	0.887
10	0.260	300.000	10.000	1.175	0.723
11	0.180	265.812	10.000	1.252	0.579
12	0.260	300.000	10.000	1.404	0.295

Tabel 3. Tabel optimasi kekasaran permukaan dengan *design-expert 10*

Pada Tabel 3 solusi-solusi yang diperoleh akan dipilih kombinasi variabel prediksi yang menghasilkan nilai *desirability* terbesar, yaitu 1.000. Solusi yang dipilih yaitu nomor 1 dari beberapa pilihan yang memiliki nilai *desirability* sama. Pada solusi nomor 1 memiliki nilai kekasaran permukaan paling rendah.

Hasil dari optimasi respon menggunakan *Design-expert 10* menunjukkan nilai kekasaran terendah adalah 1.027. Nilai

kekasaran tersebut di dapat dari 3 variabel faktor yang telah di optimasikan yaitu kedalaman pemakanan 0.180 mm, kecepatan pemakanan 180 mm/menit dan debit pendingin 10 ml/detik dengan nilai *desirability* 1.000.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Berdasarkan tabel anova, terdapat dua variabel faktor dari tiga variabel faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Variabel faktor tersebut adalah kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan, sedangkan debit pendingin tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.
2. Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan, diperoleh kondisi optimum setting parameter untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan terbaik, yaitu untuk nilai parameter kedalaman pemakanan sebesar 0.18 mm, nilai kecepatan

pemakanan sebesar 180 mm/menit, dan nilai debit pendingin sebesar 10 ml/detik. Dengan setting parameter ini didapatkan nilai optimum kekasaran permukaan sebesar 1,027 μ m.

SARAN

Penelitian yang telah penulis lakukan hanya membahas tentang pengaruh kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan debit pendinginan terhadap kekasaran permukaan pada baja aisi 1040 menggunakan mesin Milling CNC FOCUS ESEMKA VMC – L540. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebaiknya dikaji kembali tentang parameter-parameter dalam pemesinan yang mempengaruhi kekasaran permukaan sehingga dalam analisis statistik nantinya parameter yang digunakan akan berpengaruh secara signifikan. Selain itu dapat dilakukan percobaan kembali dengan penambahan parameter-parameter lain yang belum ada dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugroho, T.U., Saputro, Herman. Dan Estriyanto, Yuyun. 2012. *Pengaruh Kecepatan Pemakanan Dan Waktu Pemberian Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Cutter End Mill Hss Hasil Pemesinan Cnc Milling Pada Baja St 40*. NOSEL 1(1):79-89
- [2] Sunaryo., Rusnaldy., Daniel. 2010. *Optimasi Parameter Pemesinan Proses CNC Frais Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi*. Politeknosains Vol. 9(1):11-32
- [3] Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan. Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [4] Arifin, Z., N, Ilminafik., H. Arbiantara. 2017. *Analisis Debit Pendingin, Kecepatan Potong Dan Kecepatan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan S45C Proses CNC Milling*. Skripsi. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [5] Sugiantoro, B., Jati. U.S. 2015. *Desain Alat Penukar Kalor (Air To Air Cooler) Produksi Udara Dingin Untuk Fluida Pendingin Proses Pemesinan*. Jurnal : Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto Edisi 7 No 1 April 2015.