

ANALISIS WAKTU ARAH PLANAR DAN SUDUT PERMUKAAN BIDANG KERJA TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL FC25 HASIL PEMESINAN PADA MESIN CNC MILLING MENGGUNAKAN BALLNOSE ENDMILL

Sunarno¹, Sri Mulyo Bondan Respati^{2*}, Rony Wijanarko²

¹ PT. Tri Sinar Purnama Desa Kedung Pani, Kelurahan Wates, Kecamatan Ngaliyan, Semarang 50188

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

*Email: srimulyobondanrespati@unwas.ac.id

Abstrak

Lama waktu saat proses produksi merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu perusahaan untuk memprediksi jumlah produksi yang dihasilkan dalam periode tertentu. Nilai sebuah produk salah satunya adalah kualitas permukaan. Proses finishing mempunyai kualitas nilai kekasaran permukaan yang berbeda dengan metode proses yang berbeda pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa waktu dan kekasaran permukaan material FC25 hasil pemesinan CNC milling. Metode yang digunakan dengan memvariasikan arah planar 45°, 90°, berputar konstan sumbu Z dan variasi sudut bidang kerja 0°, 30°, 45°, 60°. Increment 0,3 mm spindle 7962 rpm, feeding 1115 mm/menit dan feed depth 0,4 mm. Pengujian waktu proses planar menggunakan kontrol pengendali siemens sinumerik 828D dan pengujian kekasaran menggunakan TR 100 Surface Roughness Tester. Dihasilkan perbedaan waktu proses dengan simulasi software sebesar 112 detik (waktu pemesinan meningkat 4.9%). Waktu paling lama 242 detik pada sudut bidang kerja 0° dengan arah planar berputar konstan sumbu Z dan waktu paling cepat 119 detik pada sudut bidang kerja 30° dengan arah planar berputar konstan sumbu Z. Nilai kekasaran paling rendah 0,74 µm pada sudut bidang kerja 0° dengan arah planar 90° dan nilai kekasaran paling tinggi 3,21 µm pada sudut bidang kerja 60° dengan arah planar 90°. Arah planar 90° dan 45° semakin besar sudut bidang kerja maka semakin menurun waktu yang dihasilkan tetapi semakin besar nilai kekasarannya, berbanding terbalik dengan planar berputar konstan sumbu Z, semakin besar sudut bidang kerja maka semakin meningkat waktu yang dihasilkan tetapi nilai kekasarannya menurun.

Kata kunci: arah planar, ballnose endmill, CNC milling, FC25, kekasaran permukaan.

PENDAHULUAN

Proses produksi merupakan suatu proses untuk menghasilkan barang dan jasa. Proses produksi melibatkan beberapa faktor antara lain waktu, tenaga, SDM, bahan baku, mesin serta alur produksi. Lama waktu proses pemesinan merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu perusahaan untuk memprediksi jumlah produksi yang akan dihasilkan dalam periode tertentu.

Perkembangan teknologi sangat pesat menuntut persaingan semakin ketat. Banyak jenis-jenis material telah ditemukan untuk memenuhi kebutuhan industri baik berupa logam maupun non logam. Mesin-mesin banyak dibuat untuk mempermudah proses produksi manufaktur, terus berkembang seiring dengan kemampuan sumber daya manusia. Mesin yang dulunya dioperasikan secara manual, kini telah berkembang menjadi mesin otomatis yang dijalankan dengan menggunakan program komputer (Yudhyadi dkk, 2006). Sebuah

program dengan menggunakan bahasa numerik yang biasa disebut program CNC (*Computer Numerically Controlled*). Mesin dengan fasilitas program CNC mempunyai kemampuan yang tidak dimiliki mesin konvensional. *Tool* dapat berpindah digerakkan secara otomatis menurut kebutuhan yang diinginkan. Berbagai bentuk yang rumit dengan ketelitian dan kepresisian yang tinggi menjadikan kualitas produk yang dihasilkan mempunyai kualitas lebih baik. Proses simulasi pergerakan *tool* dapat dimonitor untuk meminimalisasi *human error* yang berimbas pada keselamatan baik produk, mesin, ataupun operator.

Efisiensi waktu juga menjadi lebih baik karena dapat diketahui waktu yang dibutuhkan pada saat proses simulasi program. Kualitas sebuah produk yang dihasilkan berhubungan dengan kualitas harga jual produk. Produk berkualitas baik tentunya dibuat melalui proses yang baik menggunakan mesin-mesin berkualitas baik pula. Berbagai macam mesin

produksi seperti mesin bubut (*turning*), mesin frais (*milling*), mesin sekrup, mesin bor (*drilling*), gerinda (*grinding*), dan lain sebagainya digunakan pada proses produksi pembuatan komponen pemesinan.

Berbagai penelitian dan analisa pada banyak disiplin ilmu telah dikembangkan baik pada instansi pendidikan maupun industri. Wahid (2016) melakukan analisa arah pemakanan dan sudut Permukaan bidang kerja terhadap Kekasaran permukaan material S45C pada mesin frais CNC menggunakan *ballnose endmill*. Penggunaan mesin CNC sebagai mesin perkakas dalam proses pemesinan modern semakin banyak dijumpai dalam industri manufaktur, CNC milling dalam hal ini memiliki fungsi untuk mengerjakan suatu komponen secara efisien, hemat waktu, dan hemat biaya, Maka berdasar penelitian Wahid (2016) akan dikembangkan penelitian tentang optimasi waktu arah *planar* dan sudut permukaan bidang kerja terhadap kekasaran permukaan material FC25 Pada mesin CNC *milling* menggunakan *ballnose endmill*

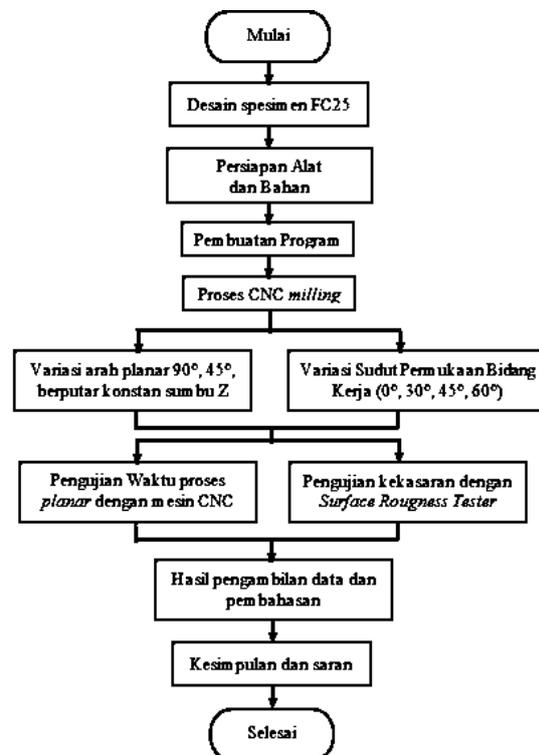
FC25 adalah besi cor yang salah satunya digunakan untuk membuat *corebox* yang berfungsi sebagai alat pembuat inti dalam perusahaan pengecoran. Proses akhir (*finishing*) dalam proses pembuatan *corebox* tersebut menggunakan alat potong (*cutting tool*) *ballnose endmill*. Dengan alat potong *ballnose endmill* tersebut yang nantinya akan mengakhiri dalam sebuah proses pemesinan.

Proses *planar* yang dilakukan pada mesin CNC *milling* adalah proses penyayatan terakhir (*finishing*) benda kerja menggunakan alat potong yang berputar. Beberapa parameter yang bisa mempengaruhi proses pemesinan adalah *cutting speed*, *feedrate*, dan *depth of cut* (kedalaman pemakanan). Pemilihan parameter pemotongan yang tepat dalam proses pemesinan adalah hal yang sangat penting untuk meraih kualitas produk yang baik serta proses yang ekonomis dan produktif (Draganescu dkk, 2001).

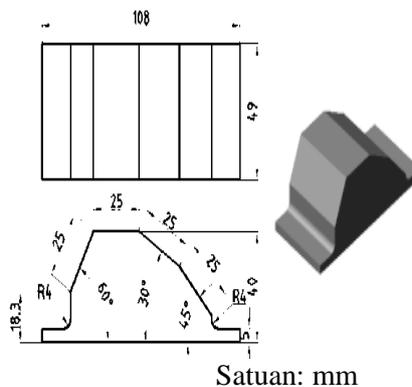
Penelitian ini mempunyai tujuan untuk analisa waktu proses *planar* (*finishing*) pada mesin CNC *milling* menggunakan alat potong *ballnose endmill* dan mengetahui seberapa besar pengaruh sudut permukaan bidang kerja terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pemesinan material FC25 dengan memberikan variasi arah *planar* dan sudut permukaan bidang kerja.

METODE

Diagram alir desain percobaan seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir desain percobaan



Gambar 2. Desain Spesimen

Proses pembentukan spesimen pada penelitian ini menggunakan mesin CNC *milling* GXV 1000. Penelitian percobaan menggunakan kecepatan putar (*rpm*), *feeding*, dan diameter alat potong sesuai spesifikasi *cutting tool* Guhring *ballnose solid carbide*. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Perancangan desain spesimen FC 25 seperti terlihat pada Gambar 2.
2. Persiapan alat dan bahan

Spesimen yang akan dibuat berjenis besi cor FC25. Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Mesin CNC milling GXV 1000
- Endmill guhring solid carbide diameter 12 mm (Guhring, 2016)
- Guhring ballnose solid carbide diameter 8 mm (Guhring, 2016)
- Parallel pad
- Tool holder BT 40
- Collet Type ER 32
- Z setter
- Wrench Collets ER
- Jangka sorong 12 inchi
- Panel kontrol sinumeric 828D
- TR100 Surface Roughness Tester,

3. Pembuatan program

Pembuatan program menggunakan bantuan aplikasi CAD/CAM. Jenis CAD/CAM yang digunakan adalah SurfCam Velocity 3.0 B357 (Gambar II.3). Pada penelitian ini menggunakan toolpath 3 axis Z rough untuk rough milling dan planar (finish milling) searah 90°, 45° dan pocket Z finish (Berputar konstan sumbu Z). Kondisi proses pemotongan dapat dilihat pada Tabel 1.

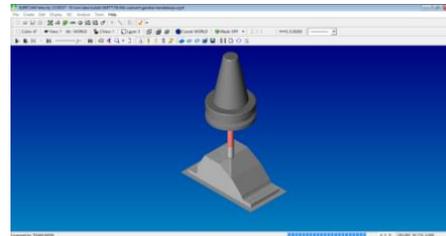
Tabel 1. Kondisi pemotongan(cutting condition) proses milling

Parameter	Rough milling	Planar (finish milling) parameter		
	Adaptive clearing	Arah 90°	Arah 90°	Berputar Konstan sumbu Z
Toolpath parameter				
Tool Type	Endmill	Ballnose	Ballnose	Ballnose
Tool Diameter(mm)	12	8	8	8
Flute	4	2	2	2
Tool Material	Carbide	Carbide	Carbide	Carbide
Spindel Speed (mm/min)	3450	7962	7962	7962
Feed Rate (mm/min)	497	1115	1115	1115
Plunge Rate (mm/min)	497	429	429	429
Step type	Climp	Increment	Increment	Increment
Z Step Size	0,4	-	-	-
Increment	-	0,3	0,3	0,3
Stock To Leave	0,4	0	0	0
Surface Tolerance	0,25	0,025	0,025	0,025

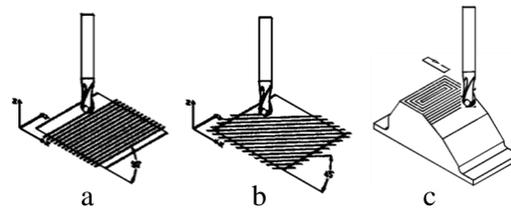
4. Proses pemesinan CNC milling

▪ Variasi arah planar (arah pemakanan)
 Arah planar merupakan arah Bergeraknya alat potong pada saat proses finish milling. Arah pemakanan pada penelitian ini dibatasi 3 arah pemakanan yaitu arah pemakanan searah 90°, 45°, dan berputar konstan sumbu Z. arah planar searah 90° dan 45° yang dimaksud adalah sudut 90° dan 45° terhadap sumbu X pada bidang XY. Jarak pergeseran pada arah ini adalah konstan,

sedangkan arah pemakanan berputar konstan sumbu Z jarak pergeseran alat potong bernilai konstan pada sumbu Z terhadap bidang XZ, seperti terlihat pada Gambar 4.

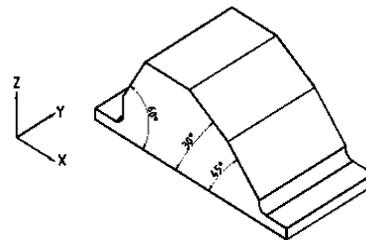


Gambar 3. Tampilan aplikasi CAD/CAM SurfCam Velocity 3.0 B357



Gambar 4. Arah pemakanan (a) searah 90° (b) searah 45° (c) Berputar konstan sumbu Z

▪ Variasi sudut permukaan bidang kerja
 Sudut permukaan bidang kerja yang dimaksud adalah sudut pada permukaan bidang X,Z. Besar sudut diukur berdasarkan sumbu X (lihat Gambar 5.).



Gambar II.5 Sudut permukaan bidang kerja

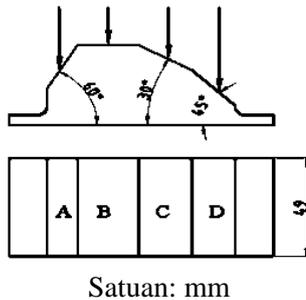
5. Pengukuran hasil penelitian

▪ Pengukuran waktu proses planar (finishing)
 Pengukuran waktu proses planar dilakukan menggunakan panel kontrol sinumeric 828D pada mesin CNC milling GXV 1000 pada saat proses planar berlangsung. Lama waktu proses berdasarkan saat program mulai dijalankan sampai dengan selesai. Proses planar terdiri dari 12 bidang, setiap bidang dilakukan pengukuran waktu dan di hitung pada saat

spindel mulai berputar sampai spindel tersebut berhenti atau selesai proses.

- Pengukuran kekasaran permukaan.

Setelah spesimen selesai dibentuk selanjutnya dilakukan proses pengukuran kekasaran permukaan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan TR 100 *Surface Roughness Tester* untuk setiap bidang datar masing-masing 6 buah pengukuran. Peta pengukuran terhadap spesimen seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta pengukuran kekasaran

Keterangan :

- A = Sudut permukaan bidang kerja 60°
- B = Sudut permukaan bidang kerja 0°
- C = Sudut permukaan bidang kerja 30°
- D = Sudut permukaan bidang kerja 45°

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian waktu proses planar.

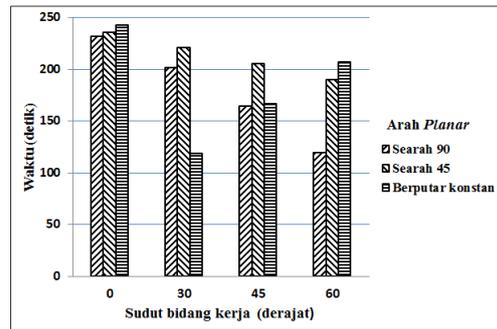
Hasil waktu proses *planar* terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil waktu proses variasi *planar* terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja

Variasi arah <i>Planar</i>	Waktu proses <i>planar</i> pada variasi sudut benda kerja (detik)				Total waktu (detik)
	0°	30°	45°	60°	
Searah 90°	232	202	165	120	719
Searah 45°	236	221	206	190	853
Berputar konstan sumbu Z	243	119	167	207	736
Total					2308

Akan dibahas waktu yang dibutuhkan dalam simulasi CAM. Fungsi simulasi untuk memperkirakan lama waktu yang dibutuhkan dan menampilkan proses simulasi manufaktur apakah sudah sesuai atau belum rancangan yang dibuat sebelum pengerjaan permesinan dilakukan. Hasil simulasi waktu proses *planar*

menggunakan *software Surf CAM* seperti terlihat pada Tabel 3.

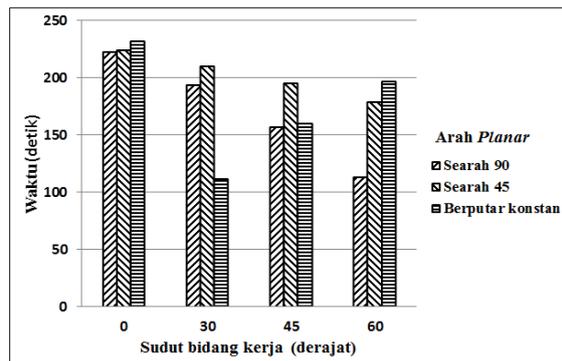


Gambar 7. Diagram waktu proses variasi *planar* terhadap variasi sudut bidang kerja

Tabel 3. Hasil simulasi waktu proses variasi arah *planar* terhadap variasi sudut benda kerja menggunakan *software Surf CAM*

Variasi arah <i>Planar</i>	Waktu simulasi CAM proses <i>planar</i> pada variasi sudut benda kerja (detik)				Total waktu (detik)
	0°	30°	45°	60°	
Searah 90°	223	194	157	113	687
Searah 45°	224	210	195	179	808
Berputar konstan sumbu Z	232	112	160	197	701
Total					2196

Diagram simulasi waktu proses menggunakan *software SurfCAM* seperti terlihat pada Gambar 8.

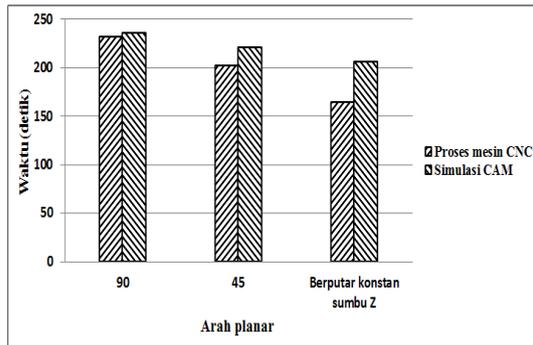


Gambar 8. Diagram simulasi waktu proses menggunakan *software SurfCAM*

Perbandingan waktu total proses mesin CNC dan simulasi seperti terlihat pada tabel 4. Diagram Waktu total proses mesin CNC dan simulasi CAM seperti pada Gambar 9.

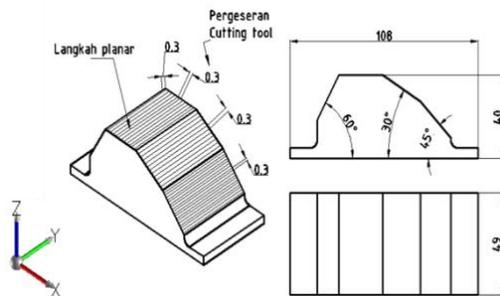
Tabel 4. Waktu total proses mesin CNC dan simulasi CAM

Variasi arah Planar	Waktu total proses mesin CNC dan simulasi CAM terhadap variasi sudut bidang kerja		%
	Mesin CNC	CAM	
Searah 90°	719	687	4.5
Searah 45°	853	808	5.3
Berputar konstan sumbu Z	736	701	4.8
Total	2308	2196	4.9



Gambar 9. Diagram waktu total proses mesin CNC dan simulasi CAM

Proses planar pada mesin CNC waktu yang dibutuhkan paling lama adalah 242 detik pada sudut bidang kerja 0° dengan variasi arah planar berputar konstan sumbu Z dan waktu paling cepat adalah 119 detik pada sudut bidang kerja 30° dengan variasi arah planar berputar konstan sumbu Z.



Satuan: mm

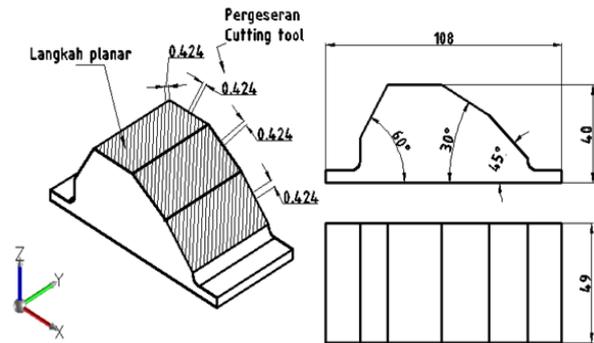
Gambar 10. Pergeseran cutting tool dan langkah planar 90°

Rata-rata waktu yang dihasilkan proses planar pada mesin CNC adalah 2308 detik dan rata-rata waktu yang dihasilkan pada saat estimasi software Surf CAM adalah 2196 detik sehingga terjadi perbedaan waktu sebesar 112 detik atau proses planar pada mesin CNC

mengalami peningkatan waktu sebesar 4.9% dari estimasi software SurfCAM.

Proses arah planar 90° semakin besar variasi sudut bidang kerja maka semakin menurun waktu yang dihasilkan disebabkan pergeseran cutting tool arah sumbu X konstan sebesar 0,3 mm sehingga semakin besar sudut benda kerja jumlah langkah proses planar semakin berkurang sehingga waktu yang diperlukan semakin menurun. Gambar pergeseran cutting tool dan langkah proses arah planar 90° seperti pada Gambar 10.

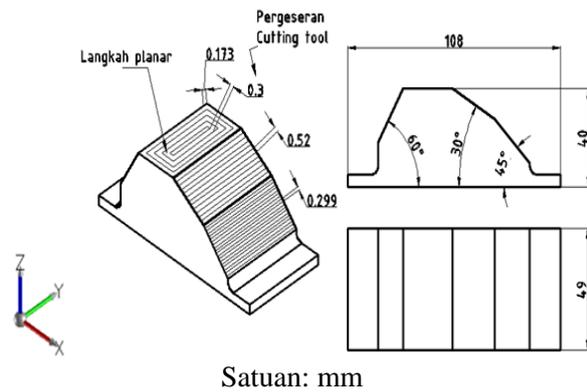
Arah planar 45° semakin besar variasi sudut bidang kerja maka semakin menurun waktu yang dihasilkan disebabkan pergeseran cutting tool arah sumbu X konstan sebesar 0,424 mm sehingga semakin besar sudut benda kerja jumlah langkah proses planar semakin berkurang sehingga waktu yang diperlukan semakin menurun. Gambar pergeseran cutting tool dan langkah proses arah planar 45° seperti pada Gambar 11.



Satuan: mm

Gambar 11. Pergeseran cutting tool dan langkah planar 45°

Arah planar berputar konstan sumbu Z semakin besar variasi sudut bidang kerja maka semakin meningkat waktu yang dihasilkan disebabkan pergeseran cutting tool arah sumbu X pada sudut bidang kerja 0° sebesar 0,3 mm, sudut bidang kerja 30° sebesar 0,52 mm, sudut bidang kerja 45° sebesar 0,299 mm, dan sudut bidang kerja 60° sebesar 0,173 mm sehingga semakin besar sudut benda kerja jumlah langkah proses planar semakin bertambah sehingga waktu yang diperlukan semakin meningkat. Gambar pergeseran cutting tool dan langkah proses arah planar berputar konstan sumbu Z seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Pergeseran *cutting tool* dan langkah *planar* konstan sumbu Z

Proses variasi arah *planar* terhadap variasi sudut bidang kerja memiliki pergeseran *cutting tool* arah sumbu X yang berbeda sehingga jumlah langkah proses variasi arah *planar* akan berbeda pula. Pergeseran *cutting tool* pada sumbu X dan jumlah langkah proses *planar* terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai pergeseran *cutting tool* dan jumlah langkah proses *planar* seperti terlihat pada

Arah Planar	Sudut bendakerja (derajat)	Pergeseran <i>cutting tool</i> arah sumbu X (mm)	Jumlah langkah Planar
90°	0	0,3	84
	30	0,3	73
	45	0,3	59
	60	0,3	42
45°	0	0,424	175
	30	0,424	167
	45	0,424	157
	60	0,424	145
Berputar konstan sumbu Z	0	0,3	82
	30	0,52	42
	45	0,301	59
	60	0,173	73

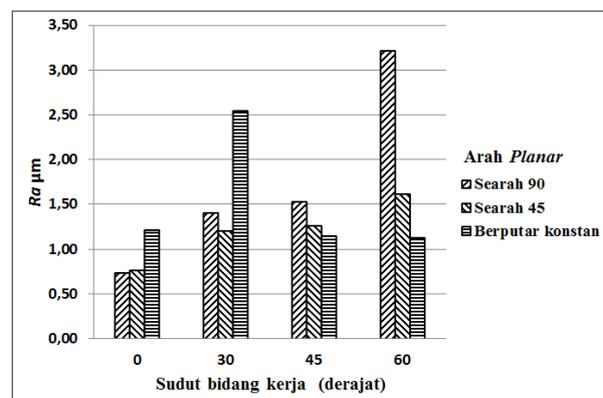
Pengujian Kekasaran Permukaan.

Hasil pengujian kekasaran yang telah dilakukan menggunakan *Surface Roughness Tester* TR100 diperoleh data yang diambil pada 6 titik pengujian kemudian hasil dirata-rata. Hasil rata-rata pengujian seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil nilai kekasaran rata-rata

Arah Planar	Nilai kekasaran (R_a) pada sudut permukaan bidang kerja (μm)			
	0°	30°	45°	60°
Searah 90°	0,74	1,41	1,52	3,21
Searah 45°	0,76	1,20	1,26	1,61
Berputar konstan sumbu Z	1,21	2,55	1,14	1,13

Diagram perbandingan nilai R_a antara variasi arah *Planar* terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram perbandingan nilai R_a antara variasi arah *Planar* terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja

Nilai R_a pada arah *planar* searah 45° dan 90° semakin besar sudut bidang kerja maka semakin besar pula nilai R_a yang dihasilkan. Sedangkan pada arah pemakanan konstan sumbu Z berbanding terbalik terhadap keduanya. Semakin besar sudut bidang kerja maka semakin kecil nilai R_a yang dihasilkan karena terdapat perbedaan pergeseran *cutting tool* arah sumbu X pada setiap variasi sudut bidang kerja yang menyebabkan ketinggian profil permukaan benda kerja akan berbeda.

Hasil nilai kekasaran permukaan paling rendah adalah 0,74 μm pada sudut permukaan bidang kerja 0° dengan variasi arah planar 90° sedangkan hasil nilai kekasaran permukaan paling tinggi adalah 3,21 μm pada sudut permukaan bidang kerja 60° dengan variasi arah planar 90°.

KESIMPULAN

1. Waktu total yang dihasilkan pada saat proses *planar* di mesin CNC 2308 detik dan waktu total proses *planar* simulasi software *SurfCAM* 2196 detik sehingga terjadi perbedaan waktu 112 detik atau waktu proses *planar* pada mesin CNC mengalami peningkatan sebesar 4.9% dari simulasi software *SurfCAM*. Waktu yang dibutuhkan pada saat proses pemesinan paling lama adalah 242 detik pada sudut bidang kerja 0° dengan variasi arah *planar* berputar konstan sumbu Z dan waktu yang dibutuhkan pada saat proses pemesinan paling cepat adalah 119 detik pada sudut bidang kerja 30° dengan variasi arah *planar* berputar konstan sumbu Z. Arah *planar* 90° dan 45° semakin besar variasi sudut bidang kerja maka semakin menurun waktu yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan arah *planar* berputar konstan sumbu Z, semakin besar variasi sudut benda kerja maka semakin meningkat waktu yang dihasilkan.
2. Hasil nilai kekasaran permukaan paling rendah adalah $0,74 \mu\text{m}$ pada sudut permukaan bidang kerja 0° dengan variasi arah *planar* 90° sedangkan hasil nilai kekasaran permukaan paling tinggi adalah $3,21 \mu\text{m}$ pada sudut permukaan bidang kerja 60° dengan variasi arah *planar* 90° , nilai kekasaran permukaan arah *planar* 90° dan 45° , semakin besar sudut benda kerja maka semakin besar nilai kekasaran benda kerjanya, berbanding terbalik dengan arah *planar* berputar konstan sumbu Z, semakin besar variasi sudut benda kerja maka semakin menurun nilai kekasarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Draganescu F., Gheorghe M., Doicin C.V., 2003, Models of machine tool efficiency and specific consumed energy, Journal of Materials Processing Technology, Vol.141, No.1, pp. 9 - 15.
- Guhring, 2016, Milling tools for the mould and die industry, Guhring, Indonesia
- Wahid, A., Syafa'at, I, dan Respati, B, 2016, Analisa Arah Pemakanan Dan Sudut Permukaan Bidang Kerja Terhadap Kekasaran Permukaan Material S45C Pada Mesin Frais CNC Menggunakan Ballnose Endmil, Jurnal ilmiah Fakultas Teknik Unwahas, ISSN:0216-7395,e-

ISSN:2406-9329, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Yudhyadi, dkk., 2016, Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Waktu Proses Pada Pemrograman Cnc Milling Dengan Berbasis Cad/Cam, Dinamika Teknik Mesin, Volume 6 1 juni 2016, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729 Universitas Mataram, Indonesia.