

Kualitas Permukaan Hasil Sayatan Metode *Downcut* Dengan Variasi *Feeding*

Budi Syahri¹, Primawati², Nilwan Andiraja³ Syahrial⁴

^{1,2}Universitas Negeri Padang

³UIN Sutan Sarif Kasim

⁴Universitas Bung Hatta

Jl. Prof Dr. Hamka Air Tawar Padang, 0751-443450

e-mail: budisyahri.90@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan suatu pengetahuan kepada mahasiswa atau operator mesin pada tingkat kecepatan *feeding* berapakah memberikan hasil penyayatan yang bagus pada benda kerja ST-37. Berapa nilai kelas kekasaran yang dihasilkan dari metode penyayatan *downcut* mesin Frais CNC pada baja ST-37 dengan variasi *feeding*. Sehingga penelitian ini bisa menjadi referensi untuk mahasiswa dan para pekerja di industri sewaktu melakukan proses pembuatan produk menggunakan mesin Frais CNC yang mempengaruhi tingkat kekasaran hasil sayatan baja ST 37 dan meningkatkan nilai jual produk hasil produksi. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bersifat semu (*quasi experiment*). Hasil penelitian metode penyayatan *downcut* didapat harga rata-rata kekasaran per *feeding* adalah $(\Sigma Ra_s) = 4,01\mu\text{m}$ untuk *feeding* sebesar 106,15 mm/mnt. $(\Sigma Ra_s) = 3,85\mu\text{m}$ untuk *feeding* sebesar 84,92 mm/mnt. $(\Sigma Ra_s) = 2,99\mu\text{m}$ untuk *feeding* sebesar 63,69mm/mnt. Yang mana semakin rendah nilai *Feeding* maka kualitas kekasaran permukaan benda kerja hasil sayatan semakin bagus.

Kata kunci: Metode *Downcut*, *Feeding*, Kekasaran Permukaan, Baja ST-37

Abstract

This study aims to provide knowledge to students or machine operators at what level of *feeding* speed gives a good slicing result on the workpiece ST-37. What is the grade of roughness resulting from the method of cutting down CNC machine on ST-37 steel with variations in *feeding*. So that this research can be a reference for students and workers in the industry during the process of making products using CNC Milling machines that affect the roughness of the results of ST 37 steel incisions and increase the selling value of the products. This research is a *quasi experiment*. The results of the *downcut* sieving method obtained an average price of roughness per *feeding* is $(\Sigma Ra_s) = 4.01\mu\text{m}$ for *feeding* by 106.15 mm / min. $(\Sigma Ra_s) = 3.85\mu\text{m}$ for *feeding* 84.92 mm / min. $(\Sigma Ra_s) = 2.99\mu\text{m}$ for *feeding* by 63.69mm / min. Which is the lower the *Feeding* value, the better the surface roughness of the workpiece results from the incision.

Keywords: *Downcut Method*, *Feeding*, Surface Roughness, Steel ST-37

1. Pendahuluan

Mesin Produksi merupakan salah satu bidang dalam Teknik Mesin yang perkembangannya tidak bisa terpisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri. karena memegang peranan besar dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin suatu pabrik tanpa melibatkan unsur Mesin Produksi, Salah satu unsur dari mesin produksi adalah mesin CNC. dimana dalam pengoperasiannya sudah lebih canggih dibanding dengan mesin perkakas konvensional. CNC singkatan dari *Computer Numerical Control*. secara sederhana Mesin CNC dapat diartikan suatu mesin perkakas yang dikendalikan dengan perintah angka atau *numeric* oleh komputer. Salah satu jenis dari mesin CNC adalah Mesin Frais CNC. Yang merupakan salah satu mesin yang sering digunakan di Industri, akademik maupun pelatihan. Menurut [1] "Mesin Frais CNC secara singkat dapat diartikan mesin Frais yang dalam proses penyayatan benda kerja oleh pisau frais atau pahat dibantu dengan kontrol numerik komputer atau CNC". Saat melakukan proses pengerjaan pada mesin Frais CNC ini diperlukan perencanaan yang baik dan matang, agar benda kerja yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Setiap benda kerja hasil pemesinan memiliki harga atau nilai-nilai tertentu yang harus tercapai yaitu ukuran yang menentukan layak tidaknya suatu benda kerja (*go and no go*).

Kualitas permukaan merupakan hal penting yang juga harus di perhatikan. Setiap benda kerja yang dikerjakan dengan proses Frais memiliki tingkat kualitas permukaan yang harus

terpenuhi. Oleh sebab itu untuk mendapatkan hasil yang maksimal selain perencanaan dan perhitungan yang matang juga di perlukan metode pengerjaan yang benar.

Ada beberapa parameter yang harus diperhitungkan pada proses Frais yaitu kecepatan putaran mesin, *cutting speed*, *feeding* dan tebal pemakanan.[4], "Kecepatan putaran, kecepatan potong, *feeding* dan dalamnya pemotongan mempunyai pengaruh yang besar terhadap umur pisau frais dan kualitas permukaan yang dikerjakan, sehingga pemilihan haruslah mendapatkan perhatian khusus".

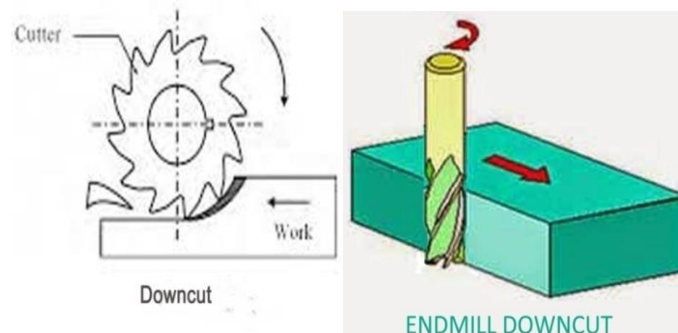
Selain yang telah disebutkan di atas, pada proses pengefraisan perlu juga mengetahui metode penyayatan atau metode pengefraisan. [3], "Metode pengefraisan ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pisau metode pengefraisan ada dua, yaitu metode *downcut* dan metode *uppercute*". Secara singkat metode penyayatan *downcut* dapat diartikan dengan metode pengefraisan turun, arah putaran mata potong pada metode ini searah dengan gerak makan meja mesin Frais. Sedangkan metode *uppercute* merupakan pengefraisan naik dengan arah putaran mata potong berlawanan arah dengan gerak makan meja mesin Frais.

Tingkat kualitas suatu permukaan memiliki peranan yang sangat penting dalam suatu komponen produk khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Kualitas permukaan komponen yang kurang bagus pada rangkaian mesin yang berputar dan bergesekan dapat menyebabkan terjadinya keausan yang cepat, sehingga komponen mesin cepat rusak dan akhirnya efisiensi kerja menjadi menurun, biasanya komponen mesin yang membutuhkan kekuatan lebih terbuat dari baja, dan salah satu baja yang sering digunakan untuk suatu rangkaian mesin adalah baja ST-37, dimana baja tersebut memiliki kadar karbon rendah dan kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm². baja tersebut banyak digunakan sebagai komponen mesin seperti poros, roda gigi, mur, baut, dan lain-lain karena sifatnya yang ulet dan mudah dikerjakan dengan mesin yang ditempa.

Pada proses pengefraisan dengan menggunakan mesin Frais CNC didapati mahasiswa maupun operator yang mengoperasikan mesin Frais CNC kurang mengetahui maupun memperhatikan parameter pemotongan yang baik dan tepat yang berhubungan dengan kualitas permukaan benda kerja. Sehingga banyak benda kerja yang dihasilkan tidak memenuhi kualitas permukaan yang di inginkan, seperti permukaan benda kerja yang kasar, padahal kualitas permukaan merupakan hal terpenting dari suatu komponen yang perlu diperhatikan. Maka dari itu peneliti akan menganalisis pada kondisi kecepatan *feeding* yang tinggi atau rendahkan pengerjaan menggunakan mesin Frais CNC dengan benda kerja material baja ST-37 untuk mendapatkan kualitas permukaan yang sesuai dengan tuntutan.

1.1. Metode *DownCut* (Pengefraisan Turun)

Pada metode ini arah putaran alat potong searah dengan gerak makan meja mesin Frais. Dengan menggunakan metode ini dibutuhkan konstruksi mesin yang kokoh karena memiliki gaya awal yang cukup tinggi dan menyebabkan benda kerja akan lebih tertekan. Teori [5], "pada proses *downcut* pemotongan diawali pada permukaan dengan ketebalan tatal yang telah ditentukan dengan baik, namun membutuhkan gaya awal yang cukup tinggi serta konstruksi mesin harus kuat dengan dilengkapi transmisi yang bebas slip balik".



Gambar 1. Proses *Downcut*

1.2. Kecepatan Pemakanan (*Feeding*)

Menurut [9] Kecepatan pemakanan (*feeding*) adalah kecepatan yang menghantarkan benda kerja menuju pisau frais sehingga terjadi penyerutan atau penyayatan.

Pada umumnya mesin *milling*, dipasang tabel pemakanan (*feeding*) dalam satuan mm/menit. *Feeding* pada mesin berlaku pada mode otomatis. Maka rumusnya adalah :

$$F = fz \cdot Z \cdot n$$

Sumber : [9]

Keterangan :

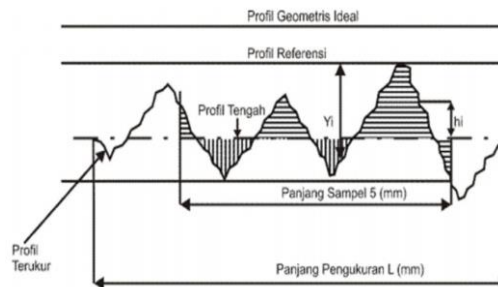
- F = *Feeding* (mm/menit)
- fz = *feed* per gigi pisau frais (mm/gigi)
- Z = banyak gigi pisau frais
- n = putaran spindle (Rpm)

1.3. Parameter Kekasaran Permukaan

Pada saat ini telah dikembangkan berbagai alat untuk mengukur kekasaran permukaan, mulai dari yang manual hingga yang otomatis. Hasil pengukuran alat tersebut ada yang telah berupa harga kekasaran rata-rata permukaan dan ada pula yang disertai dengan grafik kekasaran permukaan. Walaupun pada dasarnya hingga saat ini belum ada suatu parameter yang menjelaskan secara sempurna mengenai keadaan yang sesungguhnya dari permukaan.

Cara yang paling mudah adalah membandingkan secara visual dengan standar yang telah ada. Cara lain mencakup perbandingan mikrosopi yaitu pengukuran langsung kedalam goresan dengan interferensi cahaya dan pengukuran besar bayangan yang ditimbulkan oleh goresan pada permukaan. Cara yang paling umum digunakan adalah menggunakan jarum intan untuk menjajaki permukaan yang diperiksa dan mencatat rekaman yang telah [6].

Untuk mengukur kekasaran permukaan dan karakteristik permukaan telah dikembangkan beberapa standar, yang umum digunakan ialah standar Internasional (ISO R468) dan standar Amerika (ASA B 46,1-1962), yang membahas kualitas permukaan seperti tinggi, lebar, dan arah pola permukaan.



Gambar 2. Profil Suatu Permukaan [7]

Berdasarkan gambar diatas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan antara lain adalah :

- a. Kekasaran total (*peak to valley height/total height*), R_t (μm) adalah jarak profil referensi dengan profil atas.
- b. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean line*), R_p (μm) adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur yang nilainya sama dengan jarak antara profil referensi dengan profil tengah.
- c. Kekasaran rata-rata aritmetik (*mean roughness index/ center line average, CLA*), R_a (μm) merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetik dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L h_i dx (\mu\text{m})$$

Sumber: [7]

- d. Kekasaran rata-rata kuadratik (*root mean square height*), R_q (μm) merupakan jarak kuadrat rata-rata dari harga profil terukur sampai dengan profil tengah.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L h_i^2 dx}$$

Sumber: [7]

- e. Kekasaran total rata-rata, Rz (μm) merupakan jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada 5 puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada 5 lembah terendah.

Harga kekasaran rata-rata (Ra) maksimal yang diizinkan ditulis di atas simbol segitiga. Satuan yang digunakan harus sesuai dengan satuan yang di gunakan pada gambar teknik (metrik atau inchi). Jika angka kekasaran Ra minimum diperlukan dapat ditulis di bawah angka kekasaran maksimum. Harga kekasaran Ra mempunyai kelas kekasaran antara N1 sampai N12.

Tabel 1. Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran

Harga Kekasaran Ra (μm)	Angka Kelas Kekasaran	Panjang Sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	
0,005	N2	
0,025	N1	0,008

Sumber: [8].

a. Toleransi harga 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. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25% ke bawah. Tabel berikut menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Tabel 2. Toleransi Harga Kekasaran Rata-rata Ra

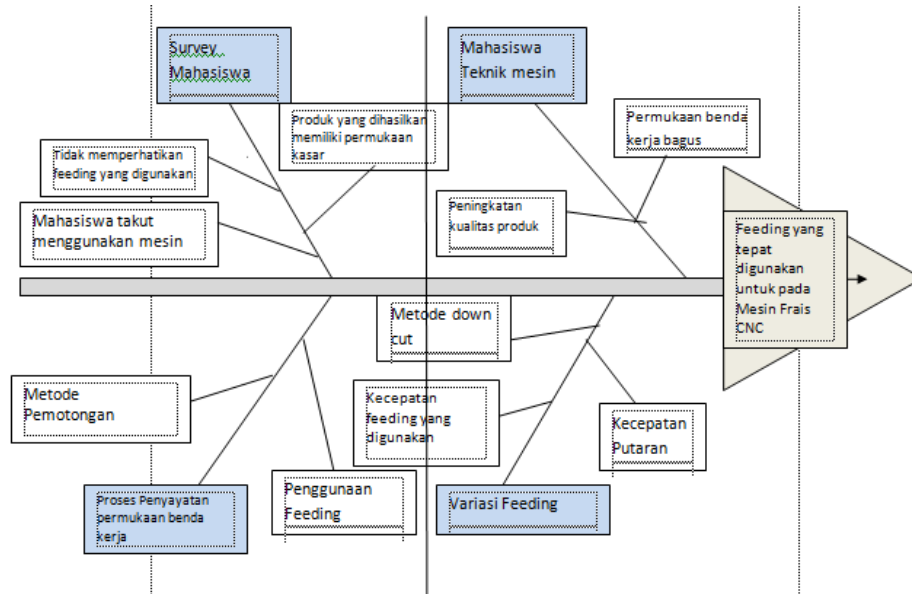
Kelas Kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi N -25% s/d +50%	Panjang Sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02-0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04-0.08	0.25
N3	4	0.0	0.08-0.15	
N4	8	0.2	0.15-0.3	
N5	16	0.4	0.3-0.6	0.8
N6	32	0.8	0.6-1.2	
N7	63	1.6	1.2-2.4	
N8	125	3.2	2.4-4.8	
N9	250	6.3	4.8-9.6	2.5
N10	500	12.5	9.6-18.75	
N11	1000	25.0	18.75-37.5	8
N12	2000	50.0	37.5-75.0	

Sumber :[7]

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bersifat semu (quasi experiment). Metode yang digunakan dalam melakukan penyayatan menggunakan metode *downcut* yang memvariasikan *feeding* yang diharapkan nantinya akan menjadi referensi dalam

melakukan proses produksi suatu produk sehingga kekasaran permukaan menjadi lebih bagus dan baik.



Gambar 3. Fish Born Diagram

Penelitian dilakukan pada laboratorium Material dan Metrologi Jurusan Teknik Mesin pada Bulan Mei-Agustus 2018. Objek dalam penelitian ini adalah Material Baja ST-37 yang sering digunakan dalam proses pemesinan. Jenis data dalam penelitian ini adalah nilai Kekasaran yang didapat dari pengujian setelah benda kerja dilakukan penyayatan pada mesin Frais CNC dengan menggunakan metode Downcut. Alat potong yang digunakan *end mill* HSS Ø 12 mm dan mesin Frais CNC vertical FEELER VMP-40A kontrol FANUC Oi-MD, dengan memvariasikan kecepatan *feeding*. Alat yang digunakan untuk pengujian kualitas permukaan baja ST-37, dengan menggunakan alat *Surface Tester* Mitutoyo SJ 201P.

Bahan yang dikerjakan memiliki ukuran panjang 80 mm, lebar 65 mm, dan tinggi 19 mm yang akan disayat sepanjang benda kerja dengan kedalaman 1 mm. Berdasarkan landasan teori, maka didapatkan data sebagai berikut :

2.1. Kecepatan putaran mesin

Kecepatan putaran dihitung berdasarkan *Cutting speed*. untuk baja karbon rendah pada tabel.1 $C_s = 20\text{-}30$ mm/menit, maka untuk C_s yang peneliti ambil pada nilai C_s yaitu 20 mm/menit. Maka kecepatan putaran mesin :

- a) Kecepatan putaran untuk C_s 20

$$n = \frac{1000 \cdot C_s}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 12} = 530,78 \text{ rpm}$$

2.2. Feeding

Feed per gigi yang disarankan pada proses frais baja dengan pahat HSS pada tabel.3 untuk *end mill* 11 s/d 20 dan kedalaman pemakanan 1 s/d 3 diketahui 0,05 s/d 0,03 mm/gigi. pada penelitian ini *Feeding* divariasikan menjadi 3 variasi tiap kecepatan putaran mesin untuk *feed* per gigi nya diambil 0,05 mm, 0,04 mm, dan 0,03 mm.

Maka *Feeding* untuk kecepatan putaran mesin 530,78 rpm

$$F = fz \cdot Z \cdot n = 0,05 \times 4 \times 530,78 = 106,15 \text{ mm/mnt}$$

$$F = fz \cdot Z \cdot n = 0,04 \times 4 \times 530,78 = 84,92 \text{ mm/menit}$$

$$F = fz \cdot Z \cdot n = 0,03 \times 4 \times 530,78 = 63,69 \text{ mm/menit}$$

Dalamnya penyayatan ditentukan, yaitu 1 mm dan banyaknya penyayatan dalam satu spesimen sebanyak 3 kali. Data yang telah diperoleh dari hasil pengujian permukaan benda uji

dianalisis untuk mengetahui tingkat kualitas permukaan benda uji. Teknik analisa data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Menghitung rata-rata kekasaran per *feeding* (ΣRa_s)

$$\Sigma Ra_s = \frac{T1 + T2 + T3 + \dots Tn}{n}$$

Keterangan :

ΣRa_s = Rata-rata kekasaran per *feeding* (μm)

T = Titik pengujian

n = Banyak titik pengujian

3. Hasil Analisis Data dan Pembahasan

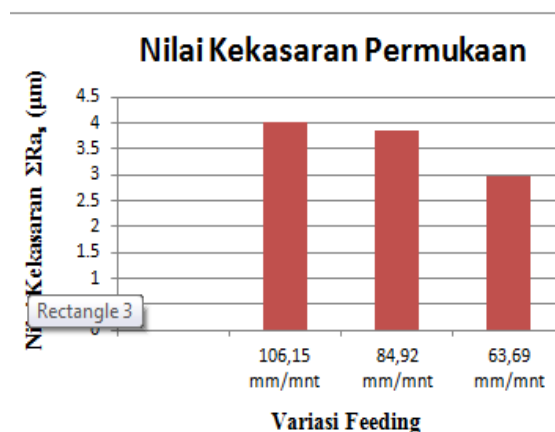
3.1. Hasil Analisis Data

Berdasarkan penelitian perbandingan kualitas permukaan hasil sayatan dengan menggunakan metode *downcut* dengan variasi *feeding* menggunakan mesin Frais CNC pada baja ST-37 yang telah dilakukan di Laboratorium CNC/CAD/CAM dan Laboratorium Metrologi Industri jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. dari data hasil penelitian tersebut akan diilustrasikan dalam bentuk tabel yang telah dianalisa. Maka nilai kekasaran permukaan hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

Kecepatan Putar	Feeding	Tingkat Kualitas Permukaan Benda			ΣRa_s	Nilai Kekasaran
		T1	T2	T3		
530,78 rpm	106,15 mm/mnt	4,26	3,95	3,83	4,01	N8
	84,92 mm/mnt	4,05	3,74	3,77	3,85	N8
	63,69 mm/mnt	3,11	3,02	2,86	2,99	N8

Berdasarkan tabel data hasil pengujian kualitas permukaan diatas, pada metode penyayatan *downcut* didapat harga rata-rata kekasaran per *feeding* adalah (ΣRa_s) = 4,01 μm untuk *feeding* sebesar 106,15 mm/mnt. (ΣRa_s) = 3,85 μm untuk *feeding* sebesar 84,92 mm/mnt. (ΣRa_s) = 2,99 μm untuk *feeding* sebesar 63,69mm/mnt. Dengan kelas kekasaran pada N8. Jadi nilai kekasaran yang dicapai dari hasil penelitian perbandingan kualitas permukaan hasil sayatan metode *downcut* dengan variasi *feeding* pada mesin Frais CNC pada baja ST-37 adalah N8(ISO *Roughness Number*). Berikut penyajian nilai kekasaran pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Nilai Kekasaran Permukaan

3.2. Pembahasan

Karakteristik geometrik yang ideal pada suatu benda kerja atau produk hasil pemesinan meliputi ketepatan ukuran, bentuk kontur yang sempurna serta tingkat kekasaran permukaan sesuai yang ditentukan. Ketepatan ukuran adalah bahwa benda kerja yang dihasilkan memiliki ukuran yang benar-benar presisi sesuai gambar kerja. Bentuk kontur sempurna adalah apabila produk benda kerja tersebut sama persis dengan gambar kerja tanpa ada penyimpangan

yang berarti. Sedangkan kualitas permukaan benda kerja diharapkan memiliki kehalusan yang paling optimal.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dibandingkan bahwa, metode penyayatan *downcut* menghasilkan permukaan yang lebih halus dengan nilai *feeding* yang rendah. Semakin rendah nilai *feeding* maka kualitas permukaan benda kerja hasil sayatan semakin halus yang artinya tingkat kekasaran permukaannya baik. Menurut [2] "Baja banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga". Dengan banyaknya baja yang digunakan tentunya dalam proses pembuatannya harus membutuhkan kehati-hatian. Terutama dalam hal tingkat kekasaran permukaan yang nantinya berpengaruh terhadap kualitas baja tersebut dipakai dalam kehidupan sehari-hari.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan *feeding* yang rendah dapat memberikan hasil kekasaran permukaan yang lebih halus. Dibuktikan dengan nilai R_a terendah pada *feeding* 63,69mm/mnt adalah 2,99 μ m yang tingkat kekasarannya paling halus pada penelitian ini.

References

- [1] B. Sentot Wijanarka. 2012. *Modul Teknik Pemesinan CNC*. Jakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Yogyakarta.
- [2] Budi Syahri, Zonny Amanda Putra, Nofri Helmi. Analisis Kekerasan Baja Assab 705 Yang Diberi Perlakuan Panas *Hardening* Dan Media Pendingin. *INVOTEK*. 2017; 17.(1): 17-26.
- [3] Dwi Rahdiyanta. 2010. *Proses Frais*. Yogyakarta: UNY.
- [4] Hadi Soewito. 1992. *Mesin Frais*. Bandung: Defisi Pengembangan Bahan Ajar PPPG Teknologi Bandung.
- [5] Schey, John A. 2009. *Proses Manufaktur*. Edisi ke 3. Diterjemahkan oleh: Rines dkk. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [6] Sriati Djaprie. 1993. *Manufacturing Proses 7th Edition*, (B.H. Amstead, Philip F. Ostwald & Myron L. Begeman. Terjemahan). Texas: Jhon Wiley & Sons, Inc. Buku asli di terbitkan tahun 1979.
- [7] Sudji Munadi. 2010. *Materi Perkuliahan Dasar-dasar Metrologi Industri*. Yogyakarta: UNY.
- [8] Taufiq Rochim. 2001. *Spesifikasi Metrologi dan Control Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB
- [9] Yufrizal A. 2014. "Teknologi Produksi Pemesinan Roda Gigi". Padang: Jurusan Teknik Mesin FT UNP.