

Pengaruh Sudut Mata *Cutter Milling* CNC dan Variasi Kecepatan Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Logam *Stainless Steel* SS 201

Novianto¹, Sugiyanto²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta
email: ¹novianto13.21668@gmail.com

ABSTRACT

The 4.0 industrial revolution can be interpreted as the interference of an intelligent and automation system in the industry, in this case it can be driven by data through machine learning and Artificial Intelligence technology. The machining process must ultimately be able to adapt to the demands of the development of the manufacturing industry so that it can support the role of machining technology in the development of the quality of production results which can ultimately support the 4.0 industrial revolution.

The purpose of this study was to prove the effect of the CNC milling cutter angle and spindle speed on the level of roughness of the machining results as a reference for producing products that comply with the specifications of the job sheet. Research methodology: preparation, CNC Milling machining process with variations in cutter angle and spindle speed, roughness testing, results, study and evaluation.

The research results are; a) To produce a product that meets the specifications of the job sheet, the machining process on the CNC Milling machine needs to pay attention to several things regarding the determination of the spindle Speed and the cutter angle, because it can affect the value of the surface roughness of the workpiece. b) The higher the spindle speed, the lower the stainless steel SS 201 surface roughness value and the slower the spindle speed, the higher the stainless steel SS 201 metal surface roughness value. c) The larger the cutter angle, the lower the stainless steel SS 201 metal surface roughness value and the smaller the cutter angle, the higher the stainless steel SS 201 surface roughness value. d) The surface roughness value of stainless steel SS 201 experienced an average change of 28.75% at variations of spindle speed of 500, 1000, 1500 and 2500 rpm. e) The surface roughness value of stainless steel SS 201 experienced an average change of 37.29% at variations of the cutter angle 2 °, 4 °, 6 ° and 8 °.

INTISARI

Revolusi industri 4.0 bisa diartikan sebagai adanya ikut campur sebuah sistem cerdas dan otomasi dalam industri, dalam hal ini digerakkan oleh data melalui teknologi *machine learning* dan *Artificial Intelligence*. Proses pemesinan pada akhirnya harus dapat menyesuaikan dengan tuntutan perkembangan dunia industri manufaktur sehingga dapat menunjang peranan teknologi pemesinan dalam pengembangan kualitas hasil produksi yang akhirnya dapat mendukung revolusi industri 4.0 tersebut

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuktikan pengaruh sudut mata *cutter CNC milling* dan kecepatan putaran spindel terhadap tingkat kekasaran hasil pemesinan sebagai referensi untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi gambar kerja. Metodologi penelitian; persiapan, proses pemesinan CNC *Milling* dengan variasi sudut mata *cutter* dan putaran spindel, pengujian kekasaran, hasil dan pembahasan serta evaluasi.

Hasil Penelitian; a) Untuk menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi gambar kerja maka proses pemesinan pada mesin *Milling* CNC perlu memperhatikan beberapa hal mengenai penentuan putaran spindel dan sudut mata *cutter*, karena dapat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja. b) Semakin tinggi putaran spindel maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 akan semakin rendah dan semakin pelan putaran spindel maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 semakin tinggi. c) Semakin besar sudut mata *cutter* maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 akan semakin rendah dan semakin kecil sudut mata *cutter*, maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 semakin tinggi. d) Nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 mengalami rata-rata perubahan sebesar 28,75 % pada variasi putaran spindel 500, 1000, 1500 dan 2500 rpm. e) Nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 mengalami rata-rata perubahan sebesar 37,29 % pada variasi Sudut Mata *Cutter* 2 °, 4 °, 6 ° dan 8 °.

Kata kunci: *Stainless Steel* SS 201, Sudut mata *cutter*, kecepatan spindel, kekasaran

I. Pendahuluan

Istilah Industri 4.0 pertama kali digemakan pada *Hannover Fair*, 4-8 April 2011. Istilah ini digunakan oleh pemerintah Jerman untuk memajukan bidang industri ke tingkat selanjutnya, dengan bantuan teknologi. Revolusi industri generasi keempat bisa diartikan sebagai adanya ikut campur sebuah sistem cerdas dan otomasi dalam industri, dalam hal ini digerakkan oleh data melalui teknologi *machine learning* dan *Artificial Intelligence*. Di Indonesia, perkembangan industri 4.0 sangat didorong oleh Kementerian Perindustrian. Menteri Perindustrian Airlangga Hartarto mengatakan, “agar Indonesia dapat bersaing dengan negara

lain di bidang industri, Indonesia juga harus mengikuti tren”. (Kominfo.go.id., 2019).

Proses pemesinan pada akhirnya harus dapat menyesuaikan dengan tuntutan perkembangan dunia industri manufaktur sehingga dapat menunjang peranan teknologi pemesinan dalam pengembangan kualitas hasil produksi yang akhirnya dapat mendukung revolusi industri 4.0 tersebut. Tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja yang presisi, berkualitas baik, dalam waktu singkat dan dalam jumlah yang banyak secara konsisten, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin perkakas CNC (*Computer Numerically Controlled*) yaitu mesin yang dapat bekerja melalui pemrograman yang dilakukan dan

dikendalikan melalui komputer. Mesin CNC dapat bekerja secara otomatis atau semiotomatis setelah diprogram terlebih dahulu melalui komputer yang ada (Wirawan Sumbodo, dkk. 2008), sehingga mesin CNC menjadi bagian yang sangat tepat guna mendukung revolusi industri 4.0.

Baja tahan karat atau *stainless steel* adalah salah satu logam yang banyak dipakai dalam industri manufaktur dan otomotif, hal ini terbukti dimana sering kita temukan produk-produk hasil industri manufaktur dan otomotif sudah banyak menggunakan baja tahan karat untuk kepentingan estetika dan *durability*. *Stainless steel* tipe SS 201 adalah salah satu varian logam tahan karat yang dapat diaplikasikan didalam pembuatan produk industri manufaktur, rumah tangga dan otomotif, selain harganya lebih murah dibanding *grade* baja tahan karat diatasnya, *stainless steel* jenis ini juga mudah didapatkan apabila kita membutuhkannya untuk kepentingan produksi massal.

Menurut Zainuddin, dkk. Pada tahun 2013, Kehalusan suatu produk hasil pemesinan sangat berpengaruh dengan fungsi sebagai apa produk tersebut itu dibuat. Sebagai contoh apabila dua komponen bekerja saling bergesekan, maka tingkat kehalusan antara kedua komponen tersebut berperan sangat penting demi keberlangsungan suatu proses kerja. Komponen yang saling bergesekan akan menyebabkan keausan dan lama-kelamaan akan habis sehingga efisiensi kerja akan menurun. Gesekan akan meningkat apabila permukaan yang saling bergesekan semakin kasar, sehingga suatu komponen dibuat sedemikian rupa sehingga gesekan yang timbul dapat diminimalisir. Mengingat pentingnya tingkat kekasaran permukaan produk mesin CNC *milling*, maka di setiap gambar benda kerja sering disyaratkan tentang tingkat kekasaran yang harus dipenuhi.

Tingkat kekasaran permukaan hasil pemesinan *milling* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya : faktor sudut mata *cutter*, kecepatan putaran spindel, kedalaman pemakanan, jumlah mata *cutter*, bahan benda kerja, jenis cairan pendingin dan sebagainya. Menurut Mulyadi pada tahun 2009, Pada proses pemesinan pada mesin frais perlu diperhatikan beberapa hal mengenai penentuan putaran spindel, karena dapat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja. Semakin tinggi putaran spindel, maka tingkat nilai kekasaran permukaan akan semakin rendah. Menurut Variasi sudut potong (K_r), putaran mesin (n) dan *feeding* (f) berpengaruh signifikan terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil proses bubut.

Menurut Zainudin pada tahun 2013, tingkat kekasaran baja ST 40 hasil pemesinan dengan mesin CNC *milling* jenis TS 218 yang paling kecil yaitu pada interaksi sudut penyayatan 5° dan 4 mata sayat endmill *cutter* yaitu sebesar $0,2013 \mu m$ dan tingkat kekasaran baja ST 40 hasil pemesinan dengan mesin CNC *milling* jenis TS 218 yang paling besar yaitu pada interaksi sudut penyayatan 10° dan 2 mata sayat endmill *cutter* yaitu sebesar $0,4691 \mu m$.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka akan dilakukan suatu Penelitian tentang “Pengaruh Sudut Mata *Cutter Milling* CNC Dan Variasi Kecepatan Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Logam *Stainless steel* SS 201” untuk mengetahui kebenaran apakah sudut mata *cutter milling* CNC dan kecepatan spindel mempunyai pengaruh terhadap hasil permukaan benda kerja.

II. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, Eksperimen adalah percobaan yang dilakukan dengan melakukan observasi terhadap obyek penelitian, pada eksperimen penelitian ini yang akan digunakan sebagai variabel adalah pada sudut mata *cutter* jenis *carbide* dan kecepatan putaran spindel mesin CNC *Milling* terhadap hasil kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201.

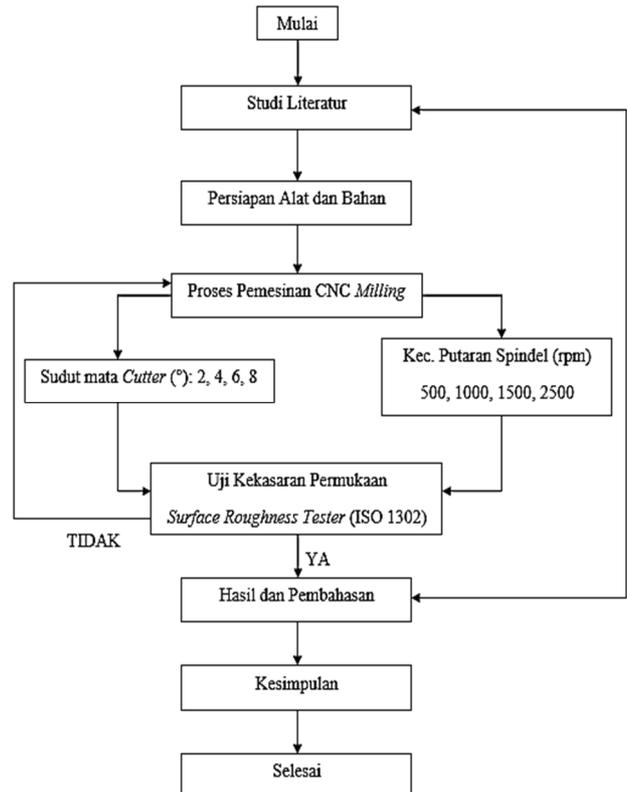
Variabel penelitian adalah obyek penelitian, atau konteks yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Di dalam variabel terdapat satu atau lebih gejala, yang mungkin pula terdiri dari berbagai aspek atau unsur sebagai bagian yang tidak terpisahkan. Variabel dalam penelitian ini ada dua variabel yang digunakan, yaitu:

1. Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas adalah suatu variabel yang apabila dalam suatu waktu berada bersamaan dengan variabel lain, maka (diduga) akan dapat berubah dalam keragamannya. Variabel bebas ini bisa juga disebut dengan variabel pengaruh, perlakuan, kuasa, *treatment*, *independent*, dan disingkat dengan variabel X. Variasi Sudut mata *Cutter Milling* dan kecepatan putaran spindel adalah sebagai variabel bebas.

2. Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat adalah suatu variabel yang dapat berubah karena pengaruh variabel bebas (variabel X). Variabel terikat sering disebut juga dengan variabel terpengaruh atau *dependent*, tergantung, efek, tak bebas, dan disingkat dengan nama variabel Y. Nilai kekasaran permukaan adalah sebagai variabel terikat.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

A. Perhitungan Teoritis

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mengetahui prestasi yang dimiliki oleh mesin tersebut. Data-data standart yang dimiliki oleh mesin setelah dilakukan penelitian dapat kita lihat dibawah ini, namun data-data standart yang diketahui tidak seluruhnya digunakan, tetapi hanya untuk menghitung salah satu program dan digunakan sebagai contoh :

- Putaran spindle (n) : 500 rpm
- Kedalaman potong (a) : 0,3 mm
- Kecepatan makan (Vf) : 300 mm/min
- Panjang pemotongan (lw.) : 35 mm
- Diameter pahat (d) : 10 mm
- Jumlah gigi / mata potong (z) : 2 *Flutes*

Maka perhitungan teoritis terhadap, data-data yang diperoleh bisa dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Kecepatan Potong (V)

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 500}{1000} \text{ m/min}$$

$$= 15,7 \text{ m/min}$$

2. Gerakan Makan Pergigi

$$fz = \frac{Vf}{(z \cdot n)} \text{ (mm/put)}$$

$$= \frac{300}{(2 \cdot 500)} \text{ mm/put}$$

$$= \frac{300}{(1000)} \text{ mm/put}$$

$$= 0,3 \text{ mm/put}$$

3. Waktu Pemotongan

$$tc = \frac{lt}{Vf} \text{ (min)}$$

$$lt = lv + lw + ln \text{ (mm)}$$

$$= 10 + 35 + 5$$

$$= 50 \text{ mm}$$

$$tc = \frac{50}{300} \text{ min}$$

$$= 0,167 \text{ min}$$

4. Kecepatan Penghasilan Geram

$$Z = \frac{Vf \cdot a \cdot w}{1000} \text{ (cm}^3/\text{min)}$$

$$= \frac{300 \cdot 0,3 \cdot 10}{1000} \text{ (cm}^3/\text{min)}$$

$$= 0,09 \text{ cm}^3/\text{min}$$

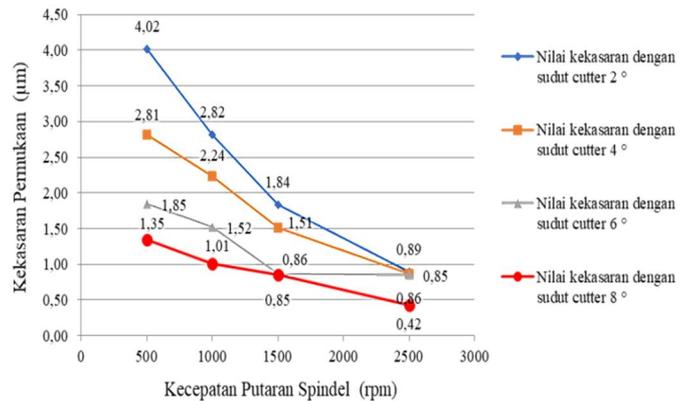
B. Data Hasil Uji Kekasaran dengan Mitutoyo SJ-201

Setelah dilakukan proses pemesinan dan pengujian kekasaran pada benda kerja maka akan diperoleh data-data yang menyatakan tentang kekasaran pada permukaan benda tersebut.

Tabel 1. Data Hubungan Sudut Mata *Cutter* dan Kecepatan Putaran Spindel (rpm) Terhadap Kekasaran Permukaan (µm)

Spesimen	Sudut Mata Cutter (°)	Putaran Spindel (Rpm)	Rata-Rata Nilai Kekasaran Permukaan, Ra (µm)
1	2	500	4,02
2		1000	2,82
3		1500	1,84
4		2500	0,89
5	4	500	2,81
6		1000	2,24
7		1500	1,51
8	6	2500	0,86
9		500	1,85
10		1000	1,52
11	8	1500	0,86
12		2500	0,85
13		500	1,35
14	8	1000	1,01
15		1500	0,85
16		2500	0,42

Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel (rpm) dengan Kekasaran Permukaan (µm)



Gambar 1. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel (Rpm) dengan Kekasaran Permukaan (µm)

IV. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan data-data hasil penelitian, maka dapat diambil suatu kesimpulan mengenai pengaruh parameter pemesinan variasi sudut mata *cutter milling* CNC dan variasi kecepatan putaran spindel pada proses pemesinan CNC *milling* merk Okuma Howa Millac 611v terhadap kekasaran permukaan logam *Stainless steel* SS 201 adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi gambar kerja maka proses pemesinan pada mesin *Milling* CNC perlu memperhatikan beberapa hal mengenai penentuan putaran spindel dan sudut mata *cutter*, karena dapat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja.
2. Semakin tinggi putaran spindel maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 akan semakin rendah dan semakin pelan putaran spindel maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 semakin tinggi.
3. Semakin besar sudut mata *cutter* maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 akan semakin

rendah dan semakin kecil sudut mata *cutter*, maka nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 semakin tinggi.

4. Nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 mengalami rata-rata perubahan sebesar 28,75 % pada variasi putaran spindel 500, 1000, 1500 dan 2500 rpm.
5. Nilai kekasaran permukaan logam *stainless steel* SS 201 mengalami rata-rata perubahan sebesar 37,29 % pada variasi Sudut Mata *Cutter* 2 °, 4 °, 6 ° dan 8 °.

REFERENSI

- Abdul Hafid. (2008) Uji Awal *Upgrade* Mesin Frais Konvensional Menjadi Mesin Frais CNC Berbasis PC, vol.12 No.1, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (BATAN), Jakarta. Sigma Epsilon ISSN 0853-9103.
- Ahmad Fauzi. 2021, Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan St 40 Pada Mesin Bubut CNC, *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin* Volume 6, Nomor 1 April 2021 Hal 46-57 ISSN 2548-7590.
- Anonim, <https://hwacheonasia.com/id/cnc-milling-machines/>.(diakses 23 Mei 2022)
- Anonim. (2002). *ISO 1302 Geometrical Product Specifications (GPS) – Indication of surface texture in technical product documentation*.
- Anonim. (2019) <https://kominform.go.id/content/detail/16505/apa-itu-industri-40-dan-bagaimana-indonesia-menyongsongnya/0/sorotan-media>. (diakses 9 Juni 2022).
- Anonim, <https://wijayamakmur.com/as/>. (diakses 23 Mei 2022)
- Bringas, John E. (2002) *Handbook of comparative world steel standards (Lite E-Book)* ASTM DS67A 2nd edition. Chapter 8, page 454 - 457. ISBN 0-8031-3042-2.
- Deepak K. (2012), *Effect of Process Parameters On Surface Roughness During Grinding Of Hot Work Steel AISI H11 Under Dry, Wet And Compressed Gas Environment*, Department of Mechanical Engineering, M.Tech. Scholar, DAVIET alandhar, India.
- Dharmawan, D., dkk. (2017) Laporan Akhir Praktikum Mesin CNC, Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani.
- Dhiah P. (2010), Skripsi dengan judul “Karakterisasi Tingkat Kekasaran Permukaan Baja St 40 Hasil Pemesinan CNC *Milling* Zk 7040 Efek Dari Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*) dan Awal Waktu Pemberian Pendingin”. Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Johan, Chendri. (2018) Tesis dengan judul “Karakteristik Keausan Pahat Sisipan Karbida Akibat Pembubutan Kering *Stainless steel*”, Jurusan Teknik Mesin S-2, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Mulyadi. (2009) Analisa Pengaruh Putaran Spindel dan Kecepatan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SCM 4 pada Proses *Milling*. LPPM Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Kristianto H. (2015). <http://cncsimulasi.blogspot.com/p/cnc-dasar.html>. (diakses 10 Juni 2022)
- P. Chockalingam, Lee Hong Wee. (2012), *Surface Roughness and Tool Wear Study on Milling of AISI 304 Stainless steel Using Different Cooling Conditions*, Faculty of Engineering and Technology, Multimedia University, Melaka, Malaysia.
- Rochim, T. (1993) Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, H E D S P, Jakarta.
- Sato, G. Takeshi, Hartanto, N. Sugiarto, (1986) *Menggambarkan Mesin Menurut Standart ISO*, Jakarta . Pradnya Paramita. ISBN : 979-408-006-3.
- Sobron. (2016), Analisis Topografi Permukaan Logam Dan Optimasi Parameter Pemotongan Pada Proses *Milling* Aluminium Alloy, Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI X) 2016 Riset Multidisiplin untuk Menunjang Pengembangan Industri Nasional, Jakarta, 21-22 April 2016.
- Sugiyanto, Tarkono. (2009), *Surface Quality Of Aisi 1020 Steel Turning Process With Tool Auxiliary Cutting Edge Angle (Kr') Variation*. Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Mechanical Engineering Departement University of Lampung Engineering Faculty.
- Sugiyanto, Yogi Prabowo. (2012), Pembuatan Kekasaran Permukaan Material St 37 Terhadap Kecepatan Pemakanan Pada *Milling* Machine, *Jurnal ENGINE* Vol. 2 No 1, Prodi Teknik Mesin, Universitas Surakarta. ISSN 2579-7433.
- Sumarji. (2011) *Jurnal ROTOR*, Volume 4 Nomor1, Universitas Jember.
- Widarto. (2008) Teknik Pemesinan Jilid 1 untuk SMK (ISBN : 978-979-060-115-4), (2008) Teknik Pemesinan Jilid 2 untuk SMK (ISBN : 978-979-060-116-1), Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.
- Wirawan S. (2008) Teknik Produksi Mesin Industri untuk SMK Jilid 2, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta. ISBN : 978-979-060-141-3.
- Zainuddin, dkk. (2013) Skripsi dengan judul “Pengaruh Sudut Penyayatan dan Jumlah Mata Sayat Endmill *Cutter* Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 40 Hasil Pemesinan CNC *Milling* Tosuro Kontrol GSK 983 Ma-H”. Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.