

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Pengaruh Kecepatan Putaran *Spindle* Dan Kedalaman Penggerindaan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St 37 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda****Bekti Suroso<sup>\*</sup>, Dimas Prayogi**Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238, Indonesia\*Email: [bektisuroso@umsu.ac.id](mailto:bektisuroso@umsu.ac.id)**ABSTRAK**

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, proses *grinding* merupakan bagian dari proses *finishing* yang digunakan untuk menghilangkan bagian dari benda kerja yang tidak rata. Mesin gerinda merupakan solusi yang dapat mengatasi masalah kekasaran permukaan benda kerja, karena mesin ini digunakan untuk pengerjaan akhir yang dibutuhkan tingkat kehalusan yang tinggi. Sehingga, untuk menghasilkan tingkat kehalusan permukaan yang tinggi, salah satunya dapat dilakukan dengan cara penggerindaan permukaan (*surface grinding*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman penggerindaan terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 menggunakan mesin bubut bergerinda. Alat yang digunakan adalah mesin bubut yang sudah dioptimalkan dengan penambahan mesin bergerinda yang dipasang pada dudukan rumah pahat bubut. Penggerindaan material Baja ST 37 dengan menggunakan batu gerinda (*Silicon carbide wheel GC-240 LV*), variasi kecepatan putaran *spindle* 260 rpm dan 440 rpm dan variasi kedalaman penggerindaan 0,1 mm, 0,2 mm, dan 0,3 mm, Arah putaran *spindel* dan mesin gerinda searah jarum jam, proses penggerindaan pada kondisi kering (tanpa cairan pendingin). Adapun hasil dari penelitian ini adalah dengan meningkatnya kecepatan putaran *spindle* terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 pada proses penggerindaan permukaan, menunjukkan semakin rendah nilai kekasaran permukaan (Ra), pada kecepatan putaran *spindle* 260 rpm nilai kekasaran permukaan yang terendah adalah Ra 3,71 $\mu$ m dan pada kecepatan putaran *spindle* 440 rpm nilai kekasaran permukaan yang terendah adalah Ra 2,51 $\mu$ m. Sedangkan pengaruh kedalaman penggerindaan terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 pada proses penggerindaan permukaan adalah dengan meningkatnya kedalaman penggerindaan maka nilai kekasaran permukaan semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh getaran yang terjadi pada proses penggerindaan permukaan yang meningkat seiring dengan kedalaman penggerindaan.

**Kata kunci:** Kecepatan Putaran *Spindle*, Kedalaman Penggerindaan, Kekasaran Permukaan***The Influence of The Speed Rotation of The Spindle And The Depth of Grinding Against The Surface Roughness of Material Steel ST 37 Using a Lathe Grinding.*****ABSTRACT**

*In line with the development of science and technology, the process of grinding is part of the finishing process used to remove the part of the workpiece. Grinding machine is a solution that can address the problem of workpiece surface roughness, since this machine is used to manufacture the required final level of subtlety. So, to produce a high level of smoothness of surface, one of which can be done by means of surface grinding. The purpose of this research is to know the influence of*

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

the speed rotation of the spindle and the depth of the grinding against the surface roughness of steel ST 37 material using a lathe grinding. The instrument used was a lathe that was already optimized by the addition of a grinding engine mounted on the lathe chisel holder home. grinding Steel ST 37 material with the use of stone grinding (Silicon carbide wheel GC 240-LV), variations in the speed of rotation of the spindle 260 rpm and 440 rpm and variation in depth grinding of 0.1 mm, 0.2 mm, and 0.3 mm, the direction of rotation of the grinding machine and unidirectional spindle clockwork, the process of grinding in dry conditions (without liquid cooling). As for the results of this research is by increasing the speed of rotation of the spindle against the surface roughness of steel ST 37 material on the process of grinding the surface, indicating the lower surface roughness values (Ra), at a speed of rotation spindle 260 rpm value is the lowest surface roughness Ra 3.71  $\mu\text{m}$  and on the speed of rotation of the spindle 440 rpm value is the lowest surface roughness Ra 2.51  $\mu\text{m}$ . Whereas the influence of depth of grinding against surface roughness of steel material ST 37 grinding on the process of with increasing depth of the surface is grinding then the higher surface roughness values, this is caused by the vibration that occurs in the process of grinding the surface is increased in line with the depth grinding.

**Keywords:** Spindle Rotation Speed, depth grinding, surface roughness.

**PENDAHULUAN**

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, proses *grinding* merupakan bagian dari proses *finishing* yang digunakan untuk menghilangkan bagian dari benda kerja yang tidak rata [1]. Proses ini banyak digunakan dalam industri, karena dapat menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dan sangat dekat dengan toleransi, serta sangat tepat untuk komponen desain [2]. Pada saat proses *surface grinding* (gerinda permukaan), roda gerinda bergesekan dengan benda kerja sehingga terjadi peningkatan suhu disepanjang permukaan benda kerja. Besarnya panas yang ditimbulkan secara dominan tergantung dari kecepatan pemakanan (*feeding*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), putaran mesin (*Revolotion per menit-Rpm*), jenis bahan benda kerja yang dikerjakan dan penggunaan air [3]. Faktor-faktor tersebut harus ditangani agar tidak terjadi kerugian dalam produksi.

Proses pengerindaan akan menentukan kekasaran permukaan pada level tertentu dimana kekasaran permukaan tersebut dapat dijadikan acuan untuk evaluasi produk permesinan [4]. Selain itu, kekasaran permukaan juga berpengaruh terhadap usia komponen, karena komponen yang tidak halus lebih mudah terjadi perubahan struktur. Jika menginginkan tingkat kekasaran yang rendah, mesin gerinda lebih tepat digunakan dari pada mesin lainnya, karena mesin gerinda digunakan untuk proses akhir (*finishing*) [5]. Mesin gerinda merupakan solusi yang dapat mengatasi masalah kekasaran permukaan benda kerja, karena mesin ini digunakan untuk pengerjaan akhir yang dibutuhkan tingkat kehalusan yang tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pengerindaan terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 menggunakan mesin bubut bergerinda. Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah memberikan pengetahuan baru yang berhubungan dengan pengaruh kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pengerindaan terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 menggunakan mesin bubut bergerinda. Memberikan informasi bagi peneliti selanjutnya yang akan melakukan penelitian berkaitan dengan kekasaran permukaan material baja ST 37 menggunakan mesin bubut bergerinda. Beberapa artikel penelitian yang berhubungan dengan kekasaran permukaan adalah sebagai berikut:

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Murat, dkk. [6] melakukan studi tentang kualitas permukaan pada proses penggerindaan silindris permukaan luar dengan menggunakan cairan pendingin dan tanpa cairan pendingin. Dari hasil penelitian, bahwa penggerindaan kering menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik pada penggerindaan permukaan luar baja ST 37. Parameter gerinda dipilih seperti kedalaman pemakanan, dan kecepatan batu gerinda menunjukkan faktor yang lebih penting terhadap kekasaran permukaan. Penelitian ini juga menguji tingkat *material removal rate* (MRR) untuk proses penggerindaan kering dan basah.

Yusuf, dkk. [7] membahas mengenai kekasaran permukaan pada proses pemesinan gerinda, dengan memvariasikan kecepatan pemakanan, kekerasan benda kerja, dan grit batu gerinda. Untuk mengetahui hubungan ketiga faktor tersebut maka dilakukan percobaan, hasil yang diperoleh kemudian dianalisa secara statistik dengan menggunakan regresi linier. Hasil dari analisa diperoleh suatu persamaan yang menunjukkan adanya hubungan dari ketiga faktor tersebut terhadap kekasaran permukaan. Semakin besar harga kekerasan benda kerja dan kecepatan pemakanan, maka permukaan benda kerja yang dihasilkan semakin kasar, sedangkan semakin besar harga grit batu gerinda, maka permukaan benda kerja yang dihasilkan semakin halus.

Comley, dkk. [8] melakukan penelitian tentang penerapan efisiensi tinggi dalam penggerindaan untuk menggerinda silinder yang ditunjukkan pada pemodelan termal, digunakan untuk mengoptimalkan siklus penggerindaan untuk komponen otomotif dan besi tuang. Manfaat yang berhubungan dengan kecepatan kerja yang tinggi dicapai pada penggerindaan silindris dan kedua pemodelan termal dan pengukuran eksperimental telah menyimpulkan bahwa suhu benda kerja yang rendah, memungkinkan *material removal rate* mencapai 2000 mm<sup>3</sup>/mm.s.

Kekasaran permukaan merupakan salah satu indikator dari kemampuan mesin yang baik. Kekasaran permukaan sangat penting, karena sebagian besar suatu komponen membutuhkan kekasaran permukaan yang rendah, sehingga permukaan menjadi halus. Semakin halus permukaan, maka semakin tinggi biayanya [9]. Kualitas kekasaran permukaan pada proses pemesinan yang paling umum adalah harga kekasaran rata-rata aritmatik (Ra), yaitu sebagai standar kualitas permukaan dari hasil pemotongan maksimum yang diizinkan [10]. Tingkat kekasaran dapat diukur melalui beberapa cara. Selain dengan membandingkan secara visual dengan standar yang ada, cara lain yaitu dengan perbandingan mikroskopi [9].

Menurut Amstead, dkk. [9] untuk mengukur kekasaran permukaan dan karakteristik permukaan telah dikembangkan beberapa standar, yaitu ISO R468 dan ASA B 46,1-1962. Angka kekasaran permukaan menurut standar ISO 1302: 1992 diklasifikasikan menjadi 12 angka kelas seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Angka kekasaran permukaan menurut standar ISO 1302

| <i>Roughness value</i><br>$\mu\text{m}$ | Ra<br><i>Min</i> | <i>Roughness grade numbers</i><br>(given in the previous edition of ISO 1302) |
|---|------------------|---|
| 50                                      | 2000             | N12   |
| 25                                      | 1000             | N11   |
| 12,5                                    | 500              | N10   |
| 6,3                                     | 250              | N9  |
| 3,2                                     | 125              | N8  |
| 1,6                                     | 63               | N7  |
| 0,8                                     | 32               | N6  |
| 0,4                                     | 16               | N5  |
| 0,2                                     | 8                | N4  |
| 0,1                                     | 4                | N3  |

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

| Roughness value<br>$\mu\text{m}$ | Ra<br>Min | Roughness grade numbers<br>(given in the previous edition of ISO 1302) |
|----------------------------------|-----------|--|
| 0,05                             | 2         | N2   |
| 0,025                            | 1         | N1   |

Tabel 2. Angka tingkat kekasaran (PEDC Bandung dalam Hasrin, 2013 )

| Metode Pengerjaan                          | Tingkat Kekasaran |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |
|--|-------------------|-----|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|
|  | N12               | N11 | N10 | N9 | N8   | N7  | N6  | N5  | N4  | N3   | N2  | N1  |      |      |      |
|  | Ra $\mu\text{m}$  |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |
|  | 200               | 100 | 50  | 25 | 12,5 | 6,3 | 3,2 | 1,6 | 0,8 | 0,43 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,01 |
| Pembubutan ( <i>Turning</i> )              |                   |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |
| Pengetaman ( <i>Shapping</i> )             |                   |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |
| Sekrap ( <i>Scraping</i> )                 |                   |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |
| Frais permukaan ( <i>Face Milling</i> )    |                   |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |
| Gerinda permukaan ( <i>Face Grinding</i> ) |                   |     |     |    |      |     |     |     |     |      |     |     |      |      |      |

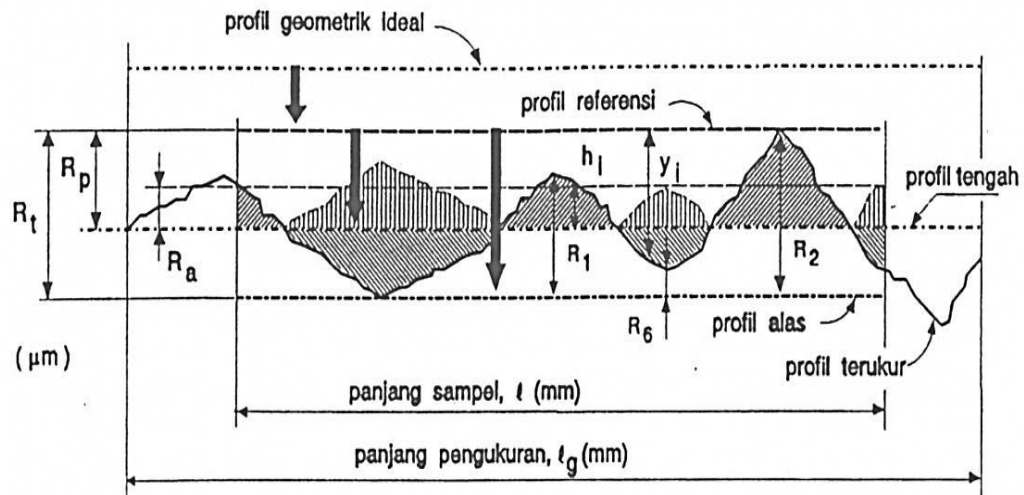
Kekasaran permukaan dibedakan menjadi dua bentuk, diantaranya :

- 1) *Ideal Surface Roughness* Yaitu kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam suatu proses permesinan dengan kondisi ideal.
- 2) *Natural Surface Roughness* Yaitu kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses permesinan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi proses permesinan diantaranya :
  - Keahlian operator,
  - Getaran yang terjadi pada mesin,
  - Ketidak teraturan *feed mechanisme*,
  - Adanya cacat pada material

Published Maret 2019

## Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

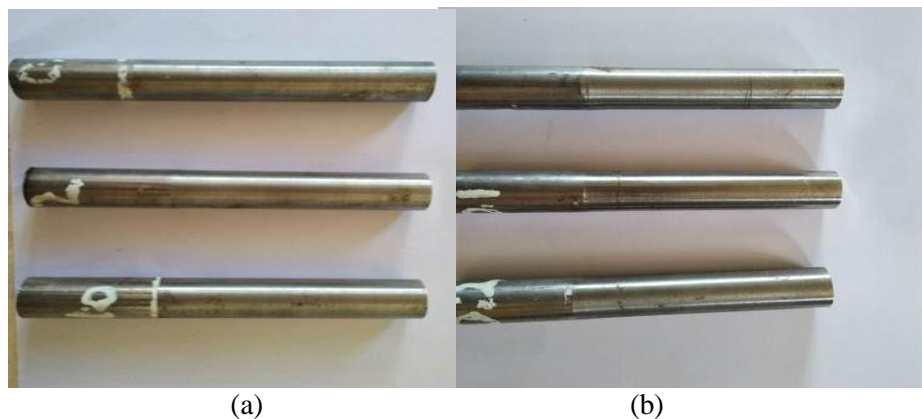


Gambar 1. Profil kekasaran permukaan [11]

### METODE PENELITIAN

#### Spesimen dan alat penelitian

Spesimen kekasaran permukaan Baja ST 37 dengan panjang total 150 mm, diameter 22 mm, panjang penggerindaan 100 mm.



Gambar 2. Spesimen Kekasaran permukaan Baja ST 37 (a) Sebelum, (b) Sesudah

Mesin bubut bergerinda merupakan mesin bubut konvensional yang dioptimalkan dengan menambahkan mesin gerinda yang pasang padaudukan sistem mata pahat bubut.



Published Maret 2019

## Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>



Gambar 3. Mesin bubut bergerinda

Mesin gerinda yang digunakan pada proses penggerindaan merupakan hasil rekayasa mesin. Menggunakan motor listrik AC 1 HP dengan kecepatan 2820 rpm dan batu gerinda yang digunakan *Silicon carbide wheel GC-240 LV*.



(a)



(b)

Gambar 4. Mesin Gerinda, (a) Tampak atas, (b) Tampak samping

*Roughness tester* digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan Spesimen Baja ST 37 dengan output luaran berupa digitalisasi Ra ( $\mu\text{m}$ ).



Gambar 5. *Roughness tester*

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

*Tacho meter* berfungsi untuk mengukur kecepatan putar dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (rpm) dari poros engkol mesin.

Gambar 5. *Tacho meter***Prosedur penggerindaan**

- Siapkan perlengkapan seperti mesin bubut, mesin gerinda, spesimen, kunci perkakas, jangka sorong dan *tacho meter*.
- Buka dan lepas sistem dudukan mata pahat bubut.
- Pasang mesin gerinda ketempat dudukan mata pahat bubut dengan mengatur kelurusan mesin gerinda dan kunci mesin gerinda agar tidak bergerak.
- Pastikan batu gerinda sudah diasah dengan menggunakan *dresser*.
- Pasang spesimen pada cekam (*spindle*) mesin bubut, pastikan pemasangan dalam keadaan baik dan benar.
- Atur kecepatan putar *spindle* sesuai dengan variabel kecepatan yang ditentukan (260 rpm dan 440 rpm).
- Hidupkan mesin bubut bergerinda.
- Atur kedalaman pemakanan gerinda sesuai dengan variabel kedalaman penggerindaan ( 0,1 mm, 0,2 mm, dan 0,3 mm) pada mesin bubut dengan menyentuhkan batu gerinda ke spesimen.
- Proses penggerindaan dilakukan dengan arah putaran mesin gerinda dan *spindel*, masing-masing searah jarum jam.
- Mulailah pemakanan spesimen dan ukur kecepatan putar mesin gerinda pada saat pengoperasian dengan menggunakan alat *Tacho meter*.
- Setelah proses pengerindaan selesai, matikan mesin gerinda dan mesin bubut.
- Lepas spesimen dan didinginkan, kemudian lanjut proses pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan *Roughness tester*.
- Untuk proses penggerindaan pada variabel lain, langkah-langkahnya sama.

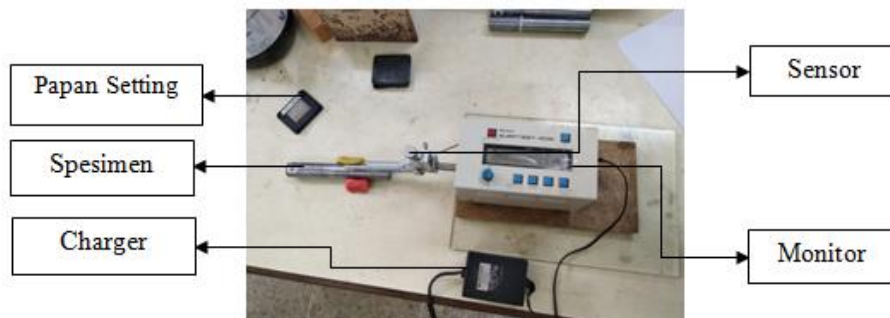
**Prosedur pengukuran kekasaran permukaan**

- Siapkan perlengkapan *Roughness tester*.
- Tempatkan *Roughness tester* diatas papan yang sudah disediakan.
- Pasangkan sensor kedalam *Roughness tester*.
- Tekan tombol daya (*power*) pada *Roughness tester* sampai keluar angka nol pada monitor.
- Siapkan spesimen yang akan di uji.

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

- Bersihkan spesimen dengan cairan alkohol agar bersih dari kotoran yang menempel pada spesimen.
- Letakan spesimen diatas meja dan tempelkan lilin disamping spesimen agar tidak bergerak.
- Tempelkan sensor diatas spesimen dengan jarak 150 mm.
- Kemudian akan keluar nilai hasil kekasaran pada monitor.
- Untuk proses pengukuran kekasaran permukaan pada variabel lain, langkah-langkahnya sama.

Gambar 6. Penggunaan *Roughness tester***HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran kekasaran permukaan pada spesimen baja ST 37 pada masing-masing variabel penelitian.

Tabel 3. Hasil pengukuran Kekasaran permukaan spesimen Baja ST 37

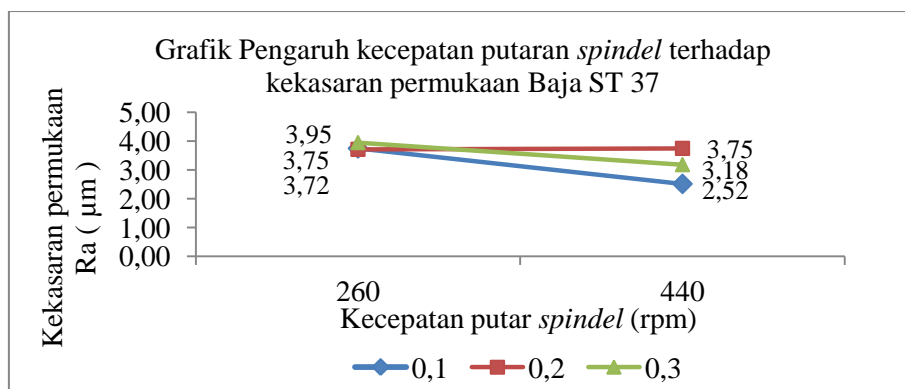
| Spesimen | <i>Sample Roughness test</i> | Kecepatan Putaran Spindle ( Rpm ) | Kedalaman Penggerindaan ( mm ) | Kekasaran Permukaan Ra ( $\mu\text{m}$ ) | Rata-rata Kekasaran Permukaan Ra ( $\mu\text{m}$ ) |
|----------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|
| 1        | 1                            | 260                               | 0,1                            | 3,65                                     | 3,75   |
|          | 2                            | 260                               | 0,1                            | 3,75                                     |  |
|          | 3                            | 260                               | 0,1                            | 3,85                                     |  |
| 2        | 1                            | 260                               | 0,2                            | 3,15                                     | 3,71   |
|          | 2                            | 260                               | 0,2                            | 3,75                                     |  |
|          | 3                            | 260                               | 0,2                            | 4,25                                     |  |
| 3        | 1                            | 260                               | 0,3                            | 3,55                                     | 3,95   |
|          | 2                            | 260                               | 0,3                            | 3,75                                     |  |
|          | 3                            | 260                               | 0,3                            | 4,55                                     |  |
| 4        | 1                            | 440                               | 0,1                            | 2,45                                     | 2,51   |
|          | 2                            | 440                               | 0,1                            | 2,45                                     |  |
|          | 3                            | 440                               | 0,1                            | 2,65                                     |  |
| 5        | 1                            | 440                               | 0,2                            | 3,55                                     | 3,75   |
|          | 2                            | 440                               | 0,2                            | 3,75                                     |  |
|          | 3                            | 440                               | 0,2                            | 3,95                                     |  |



Published Maret 2019

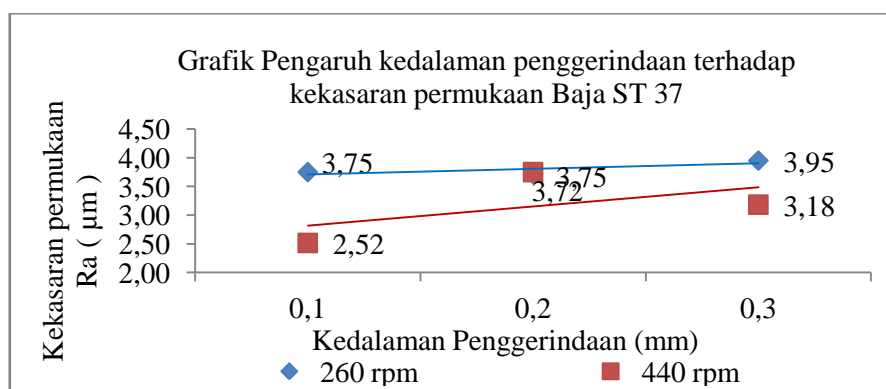
**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

| Spesimen | Sample Roughness test | Kecepatan Putaran Spindle ( Rpm ) | Kedalaman Penggerindaan ( mm ) | Kekasaran Permukaan Ra ( $\mu\text{m}$ ) | Rata-rata Kekasaran Permukaan Ra ( $\mu\text{m}$ ) |
|----------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|
| 6        | 1                     | 440                               | 0,3                            | 3,05                                     | 3,18   |
|          | 2                     | 440                               | 0,3                            | 3,25                                     |  |
|          | 3                     | 440                               | 0,3                            | 3,25                                     |  |



Gambar 7. Grafik pengaruh kecepatan putaran *spindel* terhadap kekasaran Permukaan baja ST 37

Gambar grafik pengaruh kecepatan putaran *spindel* terhadap kekasaran Permukaan baja ST 37 diatas menunjukkan trend penurunan nilai kekasaran permukaan. Hal ini disebabkan dengan peningkatan kecepatan putaran *spindel* maka, akan memperkecil getaran yang terjadi pada saat proses penggerindaan. Pada kecepatan putaran *spindle* 260 rpm nilai kekasaran permukaan yang terendah adalah Ra 3,71 $\mu\text{m}$  dan pada kecepatan putaran *spindle* 440 rpm nilai kekasaran permukaan yang terendah adalah Ra 2,51 $\mu\text{m}$  sehingga pada variabel kecepatan 440 rpm dengan kedalaman penggerindaan 0,1 mm memenuhi syarat dalam kategori Metode Pengerjaan penggerindaan permukaan (*Face Grinding*) dengan nilai Ra 0,2 - 3,2  $\mu\text{m}$  seperti pada tabel 2.



Gambar 8. Grafik pengaruh kedalaman penggerindaan terhadap kekasaran Permukaan baja ST 37

Published Maret 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Pada grafik pengaruh kedalaman penggerindaan terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37, menunjukkan trend meningkat seiring dengan kedalaman penggerindaan. Hal ini disebabkan oleh getaran yang terjadi pada proses penggerindaan permukaan yang meningkat seiring dengan kedalaman penggerindaan.

**KESIMPULAN**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan meningkatnya kecepatan putaran *spindle* terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 pada proses penggerindaan permukaan, menunjukkan semakin rendah nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ), pada kecepatan putaran *spindle* 260 rpm nilai kekasaran permukaan yang terendah adalah  $R_a$  3,71 $\mu$ m dan pada kecepatan putaran *spindle* 440 rpm nilai kekasaran permukaan yang terendah adalah  $R_a$  2,51 $\mu$ m sehingga pada variabel kecepatan 440 rpm dengan kedalaman penggerindaan 0,1 mm memenuhi syarat dalam kategori Metode Pengerjaan penggerindaan permukaan (*Face Grinding*) dengan nilai  $R_a$  0,2 - 3,2  $\mu$ m seperti pada tabel 2. Sedangkan pengaruh kedalaman penggerindaan terhadap kekasaran permukaan material baja ST 37 pada proses penggerindaan permukaan adalah dengan meningkatnya kedalaman penggerindaan maka nilai kekasaran permukaan semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh getaran yang terjadi pada proses penggerindaan permukaan yang meningkat seiring dengan kedalaman penggerindaan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Dongkun, dkk. 2015. Specific Grinding Energy and Surface Roughness of Nanoparticle Jet Minimum Quantity Lubrication in Grinding. Chinese Journal of Aeronautics, 28 (2): 570-581.
- [2] Rahman dan K. Kadirgama. 2015. Material Removal Rate and Surface Roughness on Grinding of Ductile Cast Iron Using Minimum Quantity Lubrication. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 11 pp 2471-2483.
- [3] Hadi, dkk. 2013. Teknik Pemesinan Gerinda. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada Kemendikbud.
- [4] Azhar. 2014. Analisa Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Variasi Jenis Material dan Pahat Potong. Tugas Akhir. Bengkulu. Universitas Bengkulu.
- [5] Anne Afrian. 2016. Pengaruh *feeding* dan *cutting fluid* Terhadap kekasaran permukaan baja Ems 45 pada proses *surface grinding*. Tugas akhir. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- [6] Rundman, Murat. 2010. Mechanical and Mechatronic Engineering. Volume 3 No. 3 (361-368).
- [7] Syamsu, Yusuf. 2009. Teori Kepribadian. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- [8] Comley, P; Stephenson, D J & Corbett, J. 2004. High Efficiency Deep Grinding and the Effect on Surface Integrity. Key Engineering Materials. 257-258, p207-212.
- [9] Amstead, B.H dkk. 1979. Teknologi Mekanik. Jakarta: Erlangga
- [10] Bimbing Atedi, Djoko Agustono. 2005. Standar kekasaran permukaan bidang pada *Yoke flange* menurut iso r.1302 dan din 4768 dengan memperhatikan nilai ketidakpastiannya. Jurnal Media Mesin Volume 6 No.2 Juli. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [11] Saputro, Sulisty. 2014. Elemen-Elemen Mesin. Jakarta: Bumi Aksara.