

ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN KEKERASAN MATERIAL DAN KEAUSAN MATERIAL BESI COR FCD 25 PADA MESIN BUBUT CNC

Muhammad Ali Fikri¹, Teguh Rahardjo²

Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

Email: alifikri9999@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi di bidang manufaktur, mesin–mesin juga mengalami perkembangan. Mesin CNC bukti perkembangan yang ada di bidang manufaktur. Pada pengerjaan manufaktur menggunakan mesin bubut CNC kekerasan permukaan, kekerasan material dan keausan material benda kerja dipengaruhi oleh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan. Penelitian dilakukan untuk menguji pengaruh kecepatan putar *spindle* 600rpm, 800rpm, 1000rpm dan kecepatan pemakanan 0,05mm/s, 0,10mm/s, dan 0,15mm/s pada material Besi Cor FCD25. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan alat uji *Surface Roughness Tester*, *Vickers*, dan Metode *Ogoshi*. Penelitian menghasilkan (1) didapatkan pengaruh yang signifikan pada variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap nilai kekasaran permukaan pada spesimen dengan kekasaran terendah pada spesimen 3 dengan rata–rata sebesar 1,16 μ m, sedangkan kekasaran tertinggi pada spesimen 5 rata–rata sebesar 1,96 μ m. (2) didapatkan pengaruh yang signifikan pada variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap data nilai kekerasan material pada spesimen, dengan kekerasan tertinggi pada spesimen 4 dengan nilai kekerasan sebesar 268,1Hv, sedangkan kekerasan terendah pada spesimen 5 dengan nilai kekerasan sebesar 219,8Hv. (3) didapatkan pengaruh yang signifikan pada variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap data nilai keausan material pada spesimen, dengan keausan terendah pada spesimen 2 dengan rata–rata sebesar 1,39572E-07mm²/Kg, sedangkan keausan tertinggi pada spesimen 4 dengan rata–rata sebesar 2,55514E-07mm²/Kg.

Kata Kunci: Mesin CNC; Kecepatan putar; Kecepatan pemakanan; Besi Cor FCD 25

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang manufaktur mesin untuk proses produksi juga mengalami perkembangan, misalnya seperti mesin yang hanya bisa digunakan secara manual/konvensional dan sekarang berkembang dengan mesin CNC (Computer Numerical Control) yang dijalankan dengan membuat program. Dikarenakan tuntutan yang harus dipenuhi dalam manufaktur seperti dimensi dengan toleransi yang sangat kritis, mesin CNC menjadi pilihan utama oleh perusahaan karena memiliki keunggulan seperti lebih teliti dan lebih cepat dalam proses pemesinan baik dari segi kualitas maupun kuantitas dibandingkan dengan mesin konvensional.

Untuk melihat suatu produk yang berkualitas bisa dilihat dari kekasaran/kehalusan permukaan yang dihasilkan. Kekasaran permukaan merupakan faktor utama untuk evaluasi produk pemesinan dapat diterima atau tidak (Henadewita et al., 2006) Kekerasan suatu material/bahan merupakan sifat mekanik yang sangat penting, karena dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik lain yaitu *strength* (kekuatan), *ductility* (keuletan), dan *brittle*. Dan juga dari kekerasan bisa mengetahui ketahanan suatu benda kerja. Sedangkan keausan terjadi karena adanya dua benda yang saling menekan dan saling bergesekan, nilai keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih keras.

Ferro Casting Ductile (FCD) merupakan jenis besi yang memiliki kandungan karbon diatas 2,06%, memiliki matrik perlit dan/atau ferit, dan mengandung grafit berbentuk bulat. FCD 25 memiliki komposisi berupa C(3,00-3,30%) Si(1,80-2,20) Mn(0,60-0,90%) P(0,12% max) S(0,15% max) Mg(0,05%), Dan memiliki kekuatan Tarik sebesar 25 Kg/mm². FCD 25 biasanya digunakan untuk bahan dari *blok engine, silinder head, crankshaft* mesin, *pipe fitting, sprocket, pump, bushing*, dan lain sebagainya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar terhadap kekasaran permukaan, kekerasan, dan keausan pada material FCD 25?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan, kekerasan, dan keausan material FCD 25?

1.3 Batasan Masalah

1. Sampel pengujian menggunakan material besi cor FCD 25.
2. Proses pemesinan sampel pengujian menggunakan mesin bubut CNC.
3. Pengujian yang dilakukan ada 3 macam yaitu:
 - Pengujian kekasaran dengan menggunakan surface roughness tester.
 - Pengujian kekerasan dengan menggunakan Vickers.
 - Pengujian keausan dengan menggunakan metode Ogoshi.

1.4 Tujuan Penelitian:

1. Untuk mengetahui dampak variasi kecepatan putar terhadap nilai kekasaran, kekerasan, dan keausan pada besi cor FCD 25.

2. Untuk mengetahui dampak variasi kecepatan pemakanan terhadap nilai kekasaran, kekerasan, dan keausan besi cor FCD 25.

1.6 Manfaat Penelitian:

1. Memberikan pemahaman tentang kekasaran pada besi cor FCD 25 setelah dilakukan proses pemakanan menggunakan mesin bubut CNC.
2. Memberikan pengetahuan dan referensi bagi saya pribadi dan peneliti berikutnya tentang besi cor FCD 25 yang dilakukan proses pemakanan menggunakan mesin bubut CNC.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Besi Cor/Tuang FCD 25

Besi cor tuang daktil (*ductile cast iron*) dan berbintik (*nodular cast iron*) pada intinya sama dengan besi tuang yang tahan tempa, keduanya memiliki grafit berbentuk butir bulat. Berdasarkan standar JIS G 5502 besi cor Nodular memiliki kekuatan tarik seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kelas dan kekuatan tarik besi cor nodular/ (*Ductile Cast Iron*) (Sularso, 1979)

Kelas	Simbol	Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)
1	FCD 25	25
2	FCD 40	40
3	FCD 45	45
4	FCD 50	50
5	FCD 60	60
6	FCD 70	70

Presentase komposisi besi daktil bisa dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Komposisi unsur besi cor nodular/daktil (*Ductile Cast Iron*) (Wiriyosumarto, 1996)

Jenis unsur	Presentase (%)
Karbon	3,3-3,9
Silisium	2,2-2,9
Mangan	0,2-0,6
Fosfor	0,05-0,1
Belerang	0,0 – 0,015

FCD 25 memiliki komposisi berupa C (3,00-3,30%) Si (1,80-2,20%) Mn (0,60-0,90%) P (0,1% max) S (0,15% max) Mg (0,05%), Dan memiliki kekuatan Tarik sebesar 25 Kg/mm². FCD 25 biasanya digunakan untuk bahan dari *blok engine, silinder head, crankshaft mesin, pipe fitting, sprocket, pump, bushing* dan lain sebagainya.

2.3 Mesin Bubut CNC

2.3.1 Pengertian Mesin Bubut CNC

Jadi mesin bubut CNC bisa diartikan sebagai suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik dengan susunan kode – kode yang telah distandarisasikan dalam kode permesinan CNC. Jadi mesin bisa bekerja sesuai dengan perintah kode tersebut (Widarto, 2008).

2.3.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Prinsip kerja mesin bubut CNC dengan mesin bubut konvensional pada dasarnya sama. Gerakan dasarnya ke arah *vertical* dan *horizontal* dengan sistem koordinat sumbu X dan sumbu Z, pada saat pemakanannya benda kerja diletakkan dengan dicekam sambil berputar, lalu benda kerja dimakan oleh pahat yang diam. Arah gerakan pada mesin bubut CNC diberikan lambing sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar dan sumbu Z untuk arah gerakan yang memanjang yang sejajar sumbu putar (Widarto, 2008).

2.3.3 Parameter Mesin Bubut

Proses permesinan adalah proses pemotongan logam berbentuk silindris, dalam mesin bubut terdapat rumus untuk mengetahui beberapa parameter pemotongan benda kerja. Parameter tersebut bisa dicari dengan memperhatikan kondisi pemotongan. Terdapat tiga parameter proses pembubutan yaitu kecepatan putar (*speed*), gerak pemakanan (*feeding*), dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*).

1. Kecepatan putar *spindle*

Ada banyak faktor yang mempengaruhi kekasaran suatu benda kerja, salah satunya adalah kecepatan putaran *spindle*. Kecepatan putaran *n* (*speed*), selalu berhubungan dengan sumbu utama (*spindle*) dan benda kerja (Widarto, 2008). Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotation per minute*, rpm). Jadi kecepatan putaran mesin bubut bisa ditarik kesimpulan bahwa sebagai kemampuan kecepatan putar *spindle* suatu mesin bubut untuk melakukan pemakanan menggunakan alat potong terhadap permukaan benda kerja dalam satuan putaran/menit.

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{1000} ; m/min$$

Dimana: v = kecepatan potong (m/min)

D = diameter benda kerja (mm)

n = kecepatan putar (rpm)

2. Kecepatan pemakanan (*feeding*)

Kecepatan pemakanan, f (*feed*) merupakan jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan f adalah mm/putaran.

$$Vf = f \times n ; mm/min$$

Dimana: Vf = kecepatan makan (mm/menit)

f = gerak makan (mm/r)

n = kecepatan putar (rpm)

3. Kedalaman pemakanan

Kedalaman pemakanan (*depth of cut*) merupakan tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong.

$$a = \frac{(d_0 - d_m)}{2} ; mm$$

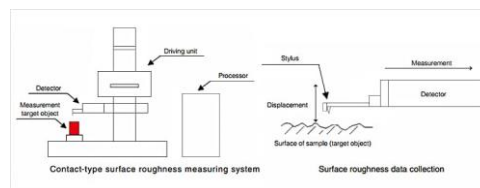
Dimana: a = kedalaman potong (mm)
 d₀ = diameter awal (mm)
 d_m = diameter akhir (mm)

2.4 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Pada nilai kekasaran permukaan terdapat beberapa kriteria nilai kualitas (N) yang berbeda, dimana Nilai kualitas kekasaran permukaan tersebut telah diklasifikasikan oleh ISO. Nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μm dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasarannya 50 μm (Azhar, 2014).

2.4.1 Pengujian Kekasaran

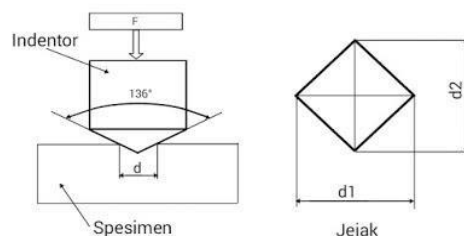
Surface Roughness Tester adalah alat yang memiliki kemampuan untuk mengukur tingkat kekasaran suatu permukaan benda kerja. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional.



Gambar 2. Metode *Surface Roughness Tester*

2.5 Pengujian Kekerasan

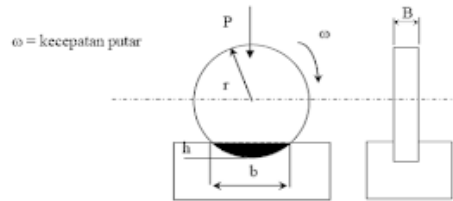
Uji kekerasan Vickers adalah pengujian yang menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar dengan besar sudut antara permukaan – permukaan piramid yang saling berhadapan adalah 136°.



Gambar 3. Penekanan Benda Uji

2.6 Pengujian Keausan

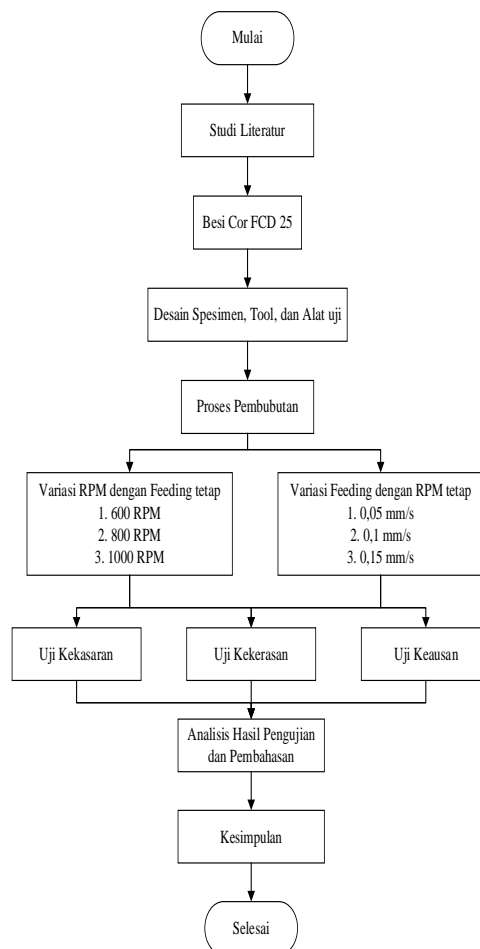
Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*Revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji. Skema pengujian keausan dengan metode ogoshi ialah sebagai berikut:



Gambar 4. Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini meliputi proses pembubutan dan pengujian permukaan kekasara dilakukan di tempat dan waktu berikut:

1. Pembubutan spesimen uji

Pembubutan spesimen uji dilakukan di Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan/Vocational Education Development Center (PPPPTK/VEDC) Malang menggunakan mesin bubut CNC pada 18 April 2022

2. Pengujian kekasaran permukaan

Pengujian kekasaran permukaan spesimen uji menggunakan Surface Roughness Tester dilakukan di Laboratorium Material, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Malang pada 21 April 2022.

3. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan spesimen uji menggunakan Vickers dilakukan di Laboratorium Material, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Malang pada 21 April 2022.

4. Pengujian keausan

Pengujian keausan spesimen uji menggunakan metode ogoshi dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada 2 Juni 2022.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran

Tabel 3. Hasil pengujian kekasaran

No Sampel	Kecepatan Spindle (RPM)	Kecepatan Pemakanan (mm/s)	Titik Pengujian	Kekasaran (Ra/ μ m)
I	600	0,10	1 (ujung)	1,38
			2 (tengah)	1,26
			3 (pangkal)	1,52
Kekasaran Rata – Rata				1,39
II	800	0,10	1 (ujung)	1,11
			2 (tengah)	1,56
			3 (pangkal)	2,40
Kekasaran Rata – Rata				1,69
III	1000	0,10	1 (ujung)	1,04
			2 (tengah)	0,96
			3 (pangkal)	1,49
Kekasaran Rata – Rata				1,16
IV	800	0,05	1 (ujung)	1,23

			2 (tengah)	1,27
			3 (pangkal)	1,43
Kekasaran Rata – Rata				1,31
V	800	0,10	1 (ujung)	1,42
			2 (tengah)	2,02
			3 (pangkal)	2,45
Kekasaran Rata – Rata				1,96
VI	800	0,15	1 (ujung)	1,60
			2 (tengah)	1,64
			3 (pangkal)	1,74
Kekasaran Rata – Rata				1,66

4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan

No Sampel	Kecepatan Putar <i>Spindle</i> (RPM)	Kecepatan Pemakanan (mm/s)	Kekerasan (HV)
I	600	0,10	255
II	800	0,10	238,4
III	1000	0,10	230,7
IV	800	0,05	268,1
V	800	0,10	219,8
VI	800	0,15	237,1

4.1.3 Data Hasil Pengujian Keausan

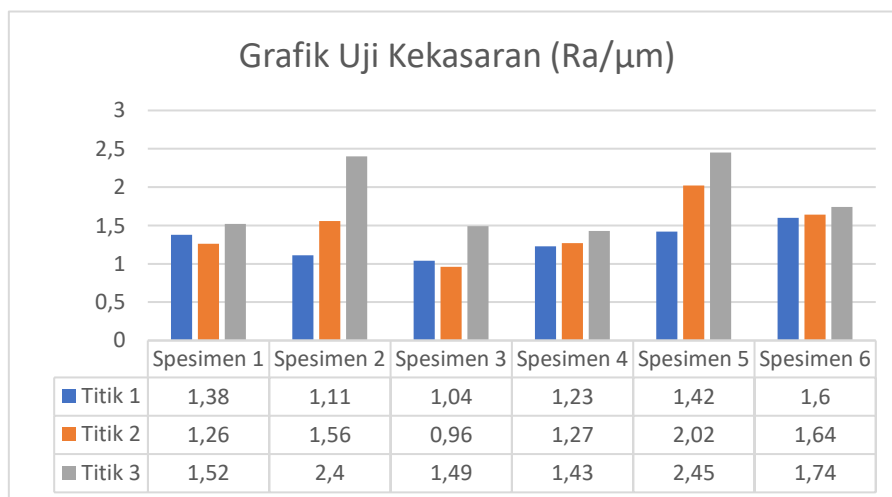
Tabel 5. Hasil pengujian keausan

No Sampel	Kecepatan <i>Spindle</i> (RPM)	Kecepatan Pemakanan (mm/s)	Titik Pengujian	Keausan (mm ² /kg)
I	600	0,10	1 (ujung)	2,38515E-07
			2 (tengah)	1,64281E-07
			3 (pangkal)	1,80012E-07
Keausan Rata – Rata				1,94269E-07
II	800	0,10	1 (ujung)	8,83557E-08
			2 (tengah)	1,89105E-07

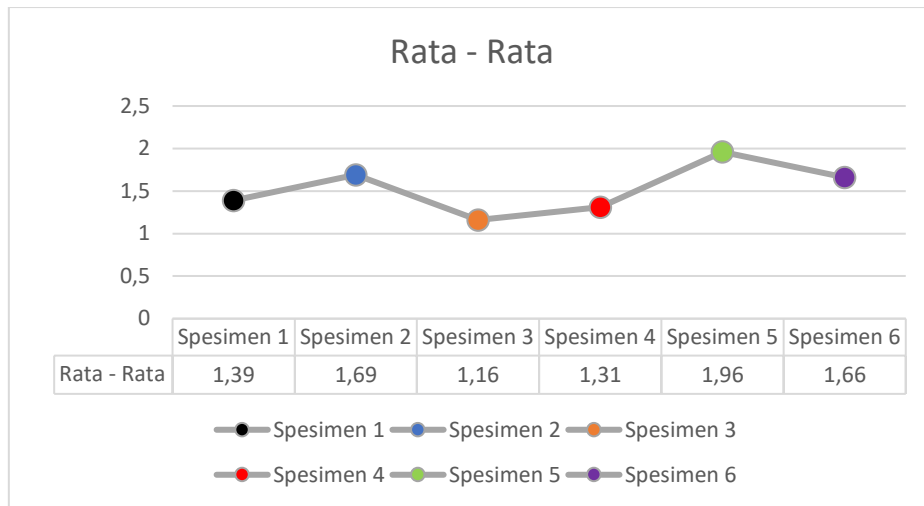
			3 (pangkal)	1,41255E-07
Keausan Rata – Rata				1,39572E-07
III	1000	0,10	1 (ujung)	1,27018E-07
			2 (tengah)	1,97904E-07
			3 (pangkal)	1,33781E-07
Keausan Rata – Rata				1,52901E-07
IV	800	0,05	1 (ujung)	2,982E-07
			2 (tengah)	2,37169E-07
			3 (pangkal)	2,31173E-07
Keausan Rata – Rata				2,55514E-07
V	800	0,10	1 (ujung)	1,15426E-07
			2 (tengah)	2,13794E-07
			3 (pangkal)	1,3842E-07
Keausan Rata – Rata				1,5588E-07
VI	800	0,15	1 (ujung)	1,37484E-07
			2 (tengah)	8,52618E-08
			3 (pangkal)	3,14129E-07
Keausan Rata – Rata				1,78958E-07

4.2 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian

4.2.1 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekasaran



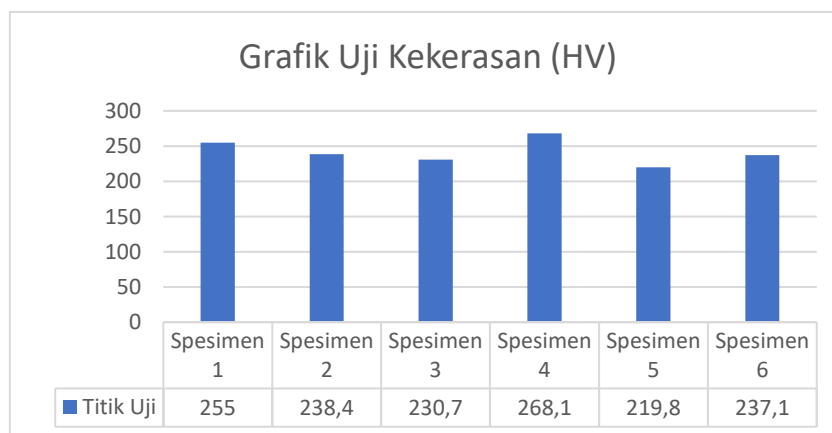
Gambar 6. Grafik Data Uji Kekasaran



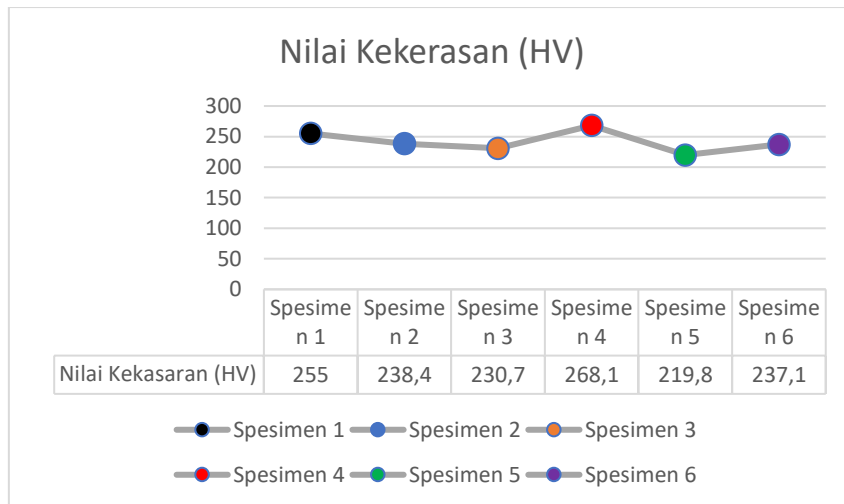
Gambar 7. Grafik rata-rata kekasaran

Berdasarkan data yang diperoleh dari semua spesimen secara runtut didapatkan perbandingan dari specimen 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 rata – rata nilai Ra yang bervariasi yaitu secara urut 1,39 μm , 1,69 μm , 1,16 μm , 1,31 μm , 1,96 μm , 1,66 μm . Berdasarkan nilai rata-rata Ra tersebut dapat disimpulkan berdasarkan penelitian terdahulu (Fauzi & Sumbodo, 2021) terdapat pengaruh yang signifikan terdapat variasi kedalaman pemakanan terhadap nilai kekasaran permukaan baja ST 40 pada hasil proses pembubutan dengan menggunakan mesin bubut CNC, berdasarkan (Mashudi & Susanti, 2020) Semakin rendah kecepatan putar *spindle* maka semakin tinggi nilai kekasaran Ra begitu juga sebaliknya semakin tinggi kecepatan putar *spindle* akan berpengaruh terhadap nilai Ra yang lebih rendah dan berdasarkan (R. Kumar & S. kumar, 2010) Kekasaran permukaan yang baik merupakan hasil proses permesinan dengan memilih kecepatan potong yang rendah dan kecepatan pemakanan yang tinggi, dari berbagai penelitian terdahulu dapat kita simpulkan bahwa variasi kecepatan *spindle* dan variasi kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap nilai kekasaran Ra semakin tinggi variasi kecepatan *spindle* dan pemakanan semakin tinggi maka nilai Ra akan rendah serta semakin rendah variasi kecepatan *spindle* dan pemakanan semakin rendah maka nilai Ra akan tinggi.

4.2.2 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan



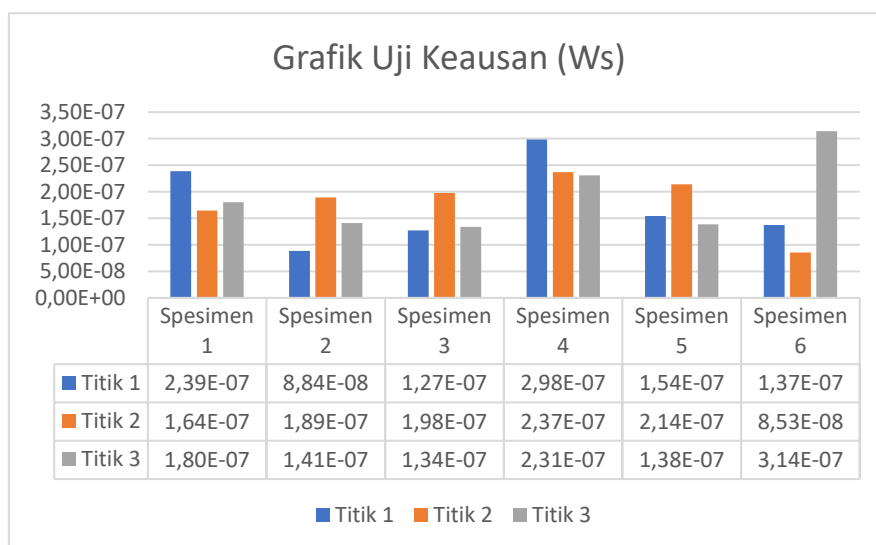
Gambar 8. Grafik data nilai kekerasan



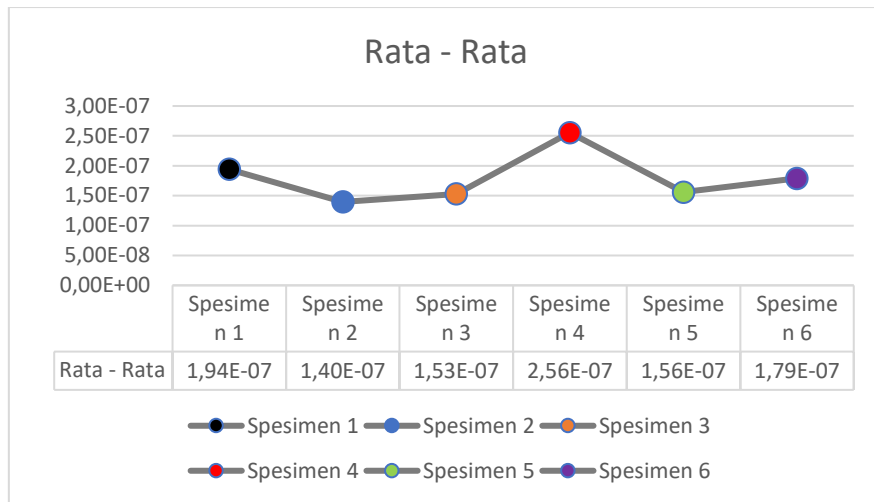
Grafik 9. Grafik nilai kekerasan

Berdasarkan data yang diperoleh dari semua spesimen didapatkan perbandingan dari spesimen 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 data nilai kekerasan bervariasi yaitu 255 HV, 238,4 HV, 230,7 HV, 268,1 HV, 219,8 HV, dan 237,1 HV. Pada hasil nilai kekerasan tersebut menghasilkan nilai kekerasan yang bervariasi dari spesimen 1 ke spesimen 2 mengalami penurunan yang besar, dari spesimen 2 ke spesimen 3 mengalami penurunan nilai kekerasan yang tidak terlalu besar, dari spesimen 3 ke spesimen 4 mengalami kenaikan nilai kekerasan yang signifikan, dari spesimen 4 ke spesimen 5 mengalami penurunan nilai kekerasan yang signifikan, dan dari spesimen 5 ke spesimen 6 mengalami kenaikan nilai kekerasan yang signifikan. Nilai kekerasan pada spesimen 4 memiliki nilai kekerasan yang terbesar yaitu sebesar 268,1 HV, sedangkan nilai kekerasan yang terendah pada spesimen ke 5 dengan nilai kekerasan sebesar 219,8 HV. Berdasarkan nilai kekerasan tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan di atas sebanding dengan penelitian terdahulu yang dimana menurut Zurita-Hurtado et al., pada tahun 2017 mengatakan bahwa kekerasan permukaan (HV) akan lebih tinggi pada kecepatan potong yang lebih rendah, sementara kekerasan akan lebih rendah pada kecepatan potong yang lebih tinggi.

4.2.3 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Keausan



Gambar 10. Grafik data nilai keausan



Gambar 11. Grafik rata-rata nilai keausan

Keausan dapat diartikan sebagai rusaknya permukaan padatan, biasanya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan merupakan bukan sifat dasar material melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Berdasarkan data yang diperoleh dari semua spesimen secara runtut didapatkan perbandingan dari spesimen 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 rata – rata nilai keausan yang bervariasi yaitu secara urut 1,94269E-07 mm²/Kg, 1,39572E-07 mm²/Kg, 1,52901E-07 mm²/Kg, 2,55514E-07 mm²/Kg, 1,5588E-07 mm²/Kg, 1,78958E-07 mm²/Kg. Nilai rata – rata keausan tertinggi terdapat pada spesimen 4 sebesar 2,55514E-07 mm²/Kg, sedangkan nilai keausan terendah terdapat pada spesimen 2 sebesar 1,39572E-07 mm²/Kg. Berdasarkan nilai keausan tersebut, menurut buku Ilmu Pengetahuan Bahan Teknik yang dibuat oleh Prof. Ir. Tata Surdia Ms. Met. E, mengatakan bahwa bahan yang lebih keras memiliki nilai keausan yang relatif besar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada data dan pembahasan di atas, maka bisa ditarik kesimpulan bahwa variasi kecepatan *spindle* dan kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan, kekerasan material, dan keausan material pada besi cor FCD 25 melalui proses bubut menggunakan mesin bubut CNC siemen 808D yang mana menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekasaran permukaan

Pada spesimen 3 memiliki kekasaran terendah dengan kecepatan *spindle* 1000 RPM dan kecepatan pemakanan 0,10 mm/s dengan menghasilkan nilai kekasaran rata – rata sebesar 1,16 µm. Pada spesimen 5 memiliki kekasaran tertinggi dengan kecepatan *spindle* 800 RPM dan kecepatan pemakanan 0,10 mm/s dengan menghasilkan nilai kekasaran rata – rata sebesar 1,96 µm.

2. Kekerasan material

Pada spesimen 4 memiliki kekerasan tertinggi dengan kecepatan *spindle* 800 RPM dan kecepatan pemakanan 0,05 mm/s dengan menghasilkan nilai kekerasan sebesar 268,1 Hv. Pada spesimen 5 memiliki kekerasan terendah dengan kecepatan *spindle* 800 RPM dan kecepatan pemakanan 0,10 mm/s dengan menghasilkan nilai kekerasan sebesar 219,8 Hv.

3. Keausan material

Pada spesimen 2 memiliki keausan terendah dengan kecepatan *spindle* 800 RPM dan kecepatan pemakanan 0,10 mm/s dengan menghasilkan nilai keausan rata – rata sebesar $1,39572E-07$ mm²/Kg. Pada spesimen 4 memiliki keausan tertinggi dengan kecepatan *spindle* 800 RPM dan kecepatan pemakanan 0,05 mm/s dengan menghasilkan nilai keausan rata – rata sebesar $2,55514E-07$ mm²/Kg.

5.2 Saran

1. Akan lebih baik untuk memegang kendali pada banyak parameter agar penelitian berjalan sesuai dengan teori yang ada.
2. Sebelum melakukan penelitian diwajibkan untuk memperhatikan kembali persiapan dari proses pengolahan bahan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian seperti jenis pahat, sudut pahat, jenis mesin bubut CNC, dan jenis komposisi bahan spesimen uji.
3. Lebih baik sebelum melakukan penelitian untuk memperhatikan kalibrasi dan perawatan dari alat proses pengujian dan pengambilan data untuk menjaga hasil penelitian yang baik dan valid.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Zubaidi. (2012). Analisis Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC.
- D.L Zariatini. (2016). *Analysis of Influence of Spindle Speed and Feeding Speed to Tool Wear and Surface Roughness*.
- Farokhi, M (2017). Pengaruh Kecepatan Putar *Spindle* (RPM) dan Besar Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja EMS 45 Menggunakan Mesin CNC Skt 160 LC.
- Priyatna, Riangga Alif (2018). Pengaruh Kecepatan *Spindle* dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut CNC EMCO *TURN* 242 Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Paduan S45C.
- Purnamasari, S. U. (2019). Analisa Pengaruh Pemakanan (*Cutting*) Terhadap Kekasaran Permukaan Silinder Blok Sepeda Motor Tipe “X” Menggunakan Mesin CNC *Milling (Frais)* Tipe GSK 3A Dengan Pendinginan Air.
- Rochim, T., (2001). Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometri, ITB, Bandung.
- Surdia, Tata. (2013). Pengetahuan Bahan Teknik. Bandung: PT Balai Pustaka.
- Swadono, Fransiscus Borgias, Y. P. (2008). Keausan dan Kekuatan Impak Bahan Komposit Arang Kayu Glugu Bermatrik Epoxy.