Pengaruh Kekerasan Benda Kerja Terhadap Getaran Bentuk Geram dan Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut

Mudjijanto[a,*], Eko Sutarto[b]
[a] Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu
[*] Mudjijanto, Alamat Email: mudjijantoswd@gmail.com

Diterima : 29-12-2021 Direview : 29-12-2021 - Diterbitkan : 31-12-2021

Intisari

Kekasaran permukaan menjadi salah satu parameter dalam menentukan kualitas produk hasil proses pemesinan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan salah satunya adalah material, sementara Geram merupakan barang sisa hasil proses pemesinan, yang keberadaanya sering kita sebut sebagai sampah. Bentuk dan geometri geram sangat beragam dan hal ini bergantung pada parameter proses pemesinan, *tool* dan jenis material. Penggunaan material di masyarakat sangatlah beragam, tentunya sesuai kebutuhan. Beberapa material diantaranya baja karbon menengah, baja paduan dan baja perkakas, kualitas mesin baja-baja tersebut tentu akan menjadi rujukan enginner dalam menentukan kualitas saat di mesin. Karakterisasi bentuk geram dibutuhkan sebagai upaya pendekatan kontrol kualitas terhadap material pada proses *cutting* terutama mesin bubut. Metode penelitian ini menggunakan jenis pahat *finishing*. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kekasaran permukaan, bentuk geram serta getaran yang ditimbulkan dari proses pemesinan bubut.

Hasil eksperimen yang didapat dari penelitian ini adalah semakin meningkatnya kedalaman pemakanan (*depth of cut*) akan menghasilkan peningkatan getaran dan akan menghasilakan peningkatan kekasaran permukaan, semakin keras material akan menghasilkan peningkatan getaran dan akan menghasilkan meningkatkan kekasaran permukaan kecuali untuk material AISI D2 kekasaran permukaan paling tinggi hal ini di karenakan material AISI D2 dalam pengerjaan dingin mengalami regangan yang besar dan semakin besar *depth of cut* akan menghasilkan bentuk geram yang kontinyu dengan diameter yang semakin kecil dan semakin keras material akan menghasilkan bentuk *arc chips.*

Kata kunci *:* Kekasaran permukaan; Bentuk geram; Getaran.

1. Pendahuluan

Keterbatasan industri Kecil Menengah (IKM) dalam memproduksi produk salah satunya adalah kurangnya kontrol kualitas terhadap sifat mekanik (*mechanical properties*) bahan. Pemilihan kualitas bahan merupakan langkah awal sebelum masuk pada tahapan produksi, karena kualitas produk tidak hanya dilihat dari permukaan akhir (*surface finish*), dimensi, bentuk tetapi juga dari sifat mekanik dari bahan. Untuk melaksanakan kontrol kualitas terhadap sifat mekanik dari bahan tentunya IKM perlu berfikir dua kali karena ini akan menambah biaya produksi. Dengan bertambahnya biaya produksi akan meningkatkan harga produk.

Selama ini produk produksi IKM sulit bersaing dengan produk dari China yang harganya lebih murah dan bervariasi. maka dari itu perlu melakukan penelitian terhadap kualitas bahan sebagai upaya untuk membatu IKM dalam pendekatan kontrol kualitas terhadap bahan produk. Menurut (Wijayanti, 2013) perlu dipertimbangkan kehadiran China dengan produk-produknya yang memiliki daya saing tinggi dilihat dari harga dan kandungan teknologi. Oleh karena itu dibutuhkan strategi yang tepat untuk meningkatkan daya saing.

Upaya pendekatan kontrol kualitas terhadap bahan dilakukan pada proses pemesinan bubut dengan putaran rendah. Mesin bubut merupakan mesin yang umum di gunakan oleh IKM disamping harga mesin yang relatif lebih murah dan hampir setiap pekerjaan pemesinan berkaitan dengan mesin bubut contohnya membuat poros, ulir, mengkartel, persiapan pembuatan roda gigi dan lain sebagainya. Putaran rendah dilakukan sebagai pendekatan proses pengujian sifat mekanik bahan dengan menggunakan alat uji yang dilakukan dengan kecepatan rendah hal ini untuk menghasilkan *strain rate* yang kecil. Geram merupakan sisa pemotongan material pada proses pemesinan, seperti pemesinan bubut frais sekrap dan lain-lain. Geram sering kali dianggap sebagai barang yang tidak ada manfaatnya (sampah). Berbagai penelitian terakhir tentang geram, selama ini masih bertujuan mencari kondisi pemotongan yang optimal dan umumnya menggunakan material logam ringan sebagai pengembangan dunia penerbangan (alumunium, titanium).

(Firmansyah, dkk, 2021) Investigasi yang dilakukan terhadap variasi material menurut getaran dan kekasaran material pada proses bubut yang menghasilkan getaran pada baja AISI 4340 sebesar 3,81 mm/s^2, baja AISI 4140 getaran sebesar 3,75 mm/s^2 dan pada baja S45C getaran sebesar 3,86 mm/s^2. Hasil Kekasaran Permukaan Baja AISI 4140 memiliki kekasaran 14.781 μm, baja AISI 4340 memiliki kekasaran 12.516 μm dan baja S45C memiliki kekasaran 15.190 μm. Kesimpulannya adalah semakin tinggi kandungan karbon pada baja maka semakin besar getaran dan kekasaran yang dihasilkan selama proses pemotongan.

(Mudjijanto, Sutarto Eko 2019) melakukan penelitian dengan judul "Analisis Karakteristik Geram dan Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Kecepatan Rendah terhadap Baja Karbon" material penelitian menggunakan baja karbon rendah, menengah dan tinggi, dengan hasil bentuk geram akan berkorelasi dengan tingkat kekasaran material artinya semakin keras material akan menghasilkan bentuk geram yang *discontinous* kecuali untuk baja karbon rendah karena kandungan karbon dibawah 0.10% sementara tingkat kekasaran permukaan berkorelasi dengan kekerasan material artinya semakin besar kandungan karbon material akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang semakin halus.

(Setiana Budi, Rusnaldy, 2005) melakukan penelitian terhadap bentuk geram dan kekerasan geram dengan pemesinan bubut kecepatan tinggi, material yang digunakan adalah material dengan variasi kekuatan tarik diantaranya ST40, ST60, ST90 dan Stainless Steel dengan hasil bentuk geram yang dihasilkan terlihat dengan naiknya kecepatan justru geram yang terbentuk semakin menunjukkan bentuk serpihan (discontinous)dan semakin tinggi kecepatan putaran akan menghasilkan kekerasan geram yang akan semakin turun.

Bentuk geram yang dihasilkan dari proses pemesinan dipengaruhi beberapa faktor salah satunya adalah sifat material. (Wan dkk, 2016). Penelitian untuk mengetahui sifat material khususnya sifat mekanik baja dilihat dari bentuk geram, kakasaran permukaan dan getaran yang ditimbulkan dari hasil proses pemesinan bubut belum dilakukan. Tulisan ini ditujukan untuk mengetahui sejauh mana korelasi bentuk geram, kekasaran permukaaan dan getaran hasil proes pemesinan bubut terhadap sifat mekanik baja.

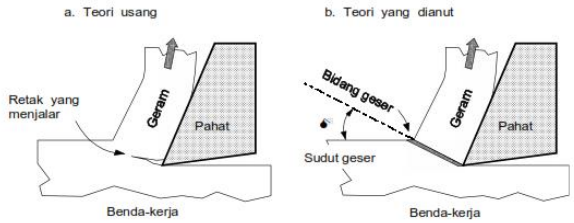
2. Kerangka Teori

2.1. Geram

Geram merupakan sisa pemotongan material pada proses pemesinan, seperti pemesinan bubut frais sekrap dan lain-lain. Geram sering kali dianggap sebagai barang yang tidak ada manfaatnya (sampah). Geram memiliki karakterisasi yang beragam dari segi bentuk dan dimensi yang dipengaruhi dari material, kondisi pemotongan, pahat.

2.1.1. Mekanisme Pembentukan Geram

Pada awalnya, diasumsikan bahwa *chip* terbentuk dari celah mikro (*micro crack*) yang muncul segera setelah ujung pahat memotong benda kerja. Saat tekanan pahat meningkat, garis rambut merambat ke depan, sehingga terbentuklah *chip*. Gambar 2.5. (a) anggapan ini telah dibantah oleh hasil berbagai penelitian yang menyelidiki mekanisme pembentukan *chip*. Logam, yang umumnya ulet, menghasilkan tegangan saat tekanan diterapkan ke area di mana gaya tekan alat terkonsentrasi. Tegangan pada logam atau benda kerja memiliki arah yang kompleks dan tegangan geser (*shearing stress*) terbesar terjadi pada satu arah. Ketika tegangan geser ini melebihi kekuatan logam, maka akan terjadi regangan yang bisa mengakibatkan terjadinya deformasi plastis, dan memutuskan material benda kerja di ujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*) Gambar 2.5. (b).



Gambar 2. Teori pembentukan geram (Rochim, 2007).

2.1.2. Jenis-jenis geram

Geram (*chip*) adalah logam atau bikan logam yang dipisahkan dari benda kerja oleh gerakan utama mesin dan alat potong pada proses pemesinan. Benda kerja dipasang pada mesin dan pahat diposisikan untuk memiliki kedalaman potong tertentu. Pahat pemotong bergerak perlahan dengan gaya potong, dan ketika hendak mengenai benda kerja, alat tersebut didorong perlahan oleh gaya dan mencapai kecepatan maksimum setelah memotong lapisan terluar benda kerja. Membedakan antara jenis geram yang dihasilkan selama proses pemesinan dengan peralatan mesin dapat dibedakan sebagai berikut: (Rochim, 2007).

1. Geram kontinyu (*continous*)

Pada dasarnya, benda kerja dengan sifat ulet (seperti halnya jenis baja) menghasilkan bentuk *chip* yang kontinyu. *Chip* kontinyu dapat mempersulit proses pembuangan dan membahayakan operator. Karena *chip* terbentuk akibat regangan maka, *chip* akan lebih keras, lebih tajam, dan relatif lebih panas daripada benda kerja aslinya.

2. Geram tidak kontinyu (*discontinous*)

Benda kerja yang rapuh (*brittle* misalnya besi tuang), pada umumnya pada proses pemesinan akan menghasilkan geram discontinous berbentuk serpihan bahkan dapat berupa serbuk, sehingga lebih mudah dihilangkan dari lokasi tempat pemotongan atau dari mesin perkakas yang digunakan.

2.1.3. Bentuk dan Pengukuran Dimensi Geram

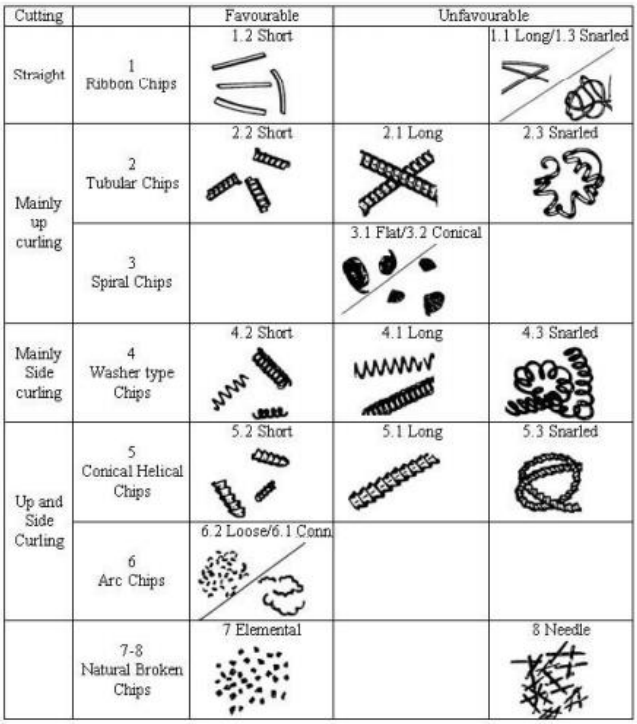
Geram memiliki bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan standar ISO pada Gambar 2.6. terdapat tujuh bentuk geram diantaranya: *broken chips, natural, arc chips, conical helical chips ribbon chips, tabular chips, spiral chips, washer type chips*. Bentuk geram pada umumnya digolongkan menjadi dua diantaranya:

1. Favourable

Bentuk geram *favourable* merupakan bentuk geram yang pendek. Bentuk geram ini menguntungkan dikarenakan bentuknya yang pendek bahkan mendekati serpihan sehingga mempermudah pembuangan dari lokasi pemotongan.

2. Unfavourable

Bentuk geram *unfavourable* merupakan bentuk geram yang panjang sehingga mempersulit pembuangannya dan dapat membahayakan operator.



Gambar 3. Klasifikasi bentuk geram standar ISO (Segreto dkk, 2012)

3. Metodologi Penelitian

3.1. Rencana Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir sesuai dengan Gambar 4. berikut:



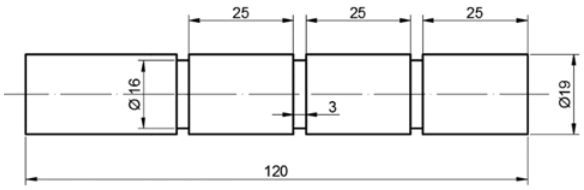
Gambar 4. *Flowcart* Proses Penelitian.

3.2. Tempat penelitian

Penelitian eksperimen dalam pengambilan data dilakukan di workshop Teknik mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu dan uji kekasaran permukaan benda kerja dilakukan di Laboratorium Metrologi Industri dan Kontrol Kualitas Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.

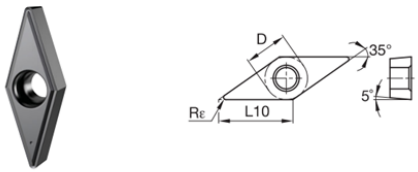
Adapun teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

- Mempersiapkan benda kerja dan peralatan penelitian
  - Benda kerja baja terdiri dari AISI 1045, D2 dan 4340 dengan ukuran sesuai Gambar 5.



Gambar 5. Benda uji.

  - Mesin bubut merk Kianzi dengan kapasitas panjang benda kerja 800 mm dan diameter maksimal benda kerja 270 mm serta daya 1,5 Hp
  - Pahat bubut menggunakan jenis *finishing insert tungsten carbide* (VBMT 110304F) dengan sudut pahat 35° dan *holder* pahat menggunakan SVJBR-1616K11



Gambar 6. Pahat *Finishing*

- Pemasangan benda kerja uji dan alat uji pada mesin bubut
- Pengerjaan dilakukan dengan variasi kedalaman pemakanan 0,15; 0,20 dan 0,25 mm, dengan putaran 35 rpm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/rev
- Pengumpulan geram dilakukan untuk masing-masing kedalaman pemakanan dan benda kerja
- Siapkan dan *setting* Vibration Meter LUTRON VB-8201HA
- Kekasaran permukaan di ukur menggunakan *Surface Roughnes Tester*
- Analisis getaran, bentuk geram dan kekasaran permukaan benda kerja pada proses pembubutan sesuai dengan masing-masing variabel

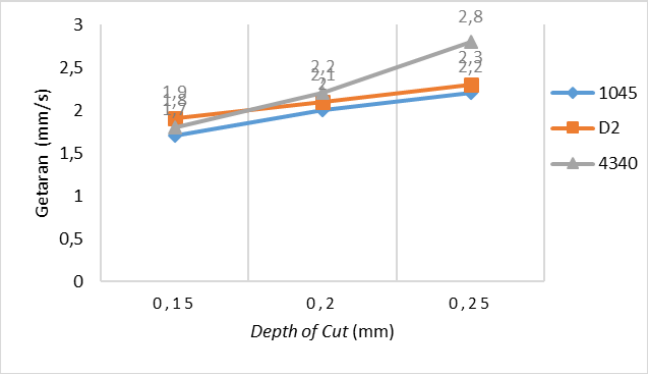
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Getaran

Hasil uji getaran proses pembubutan dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kedalaman pemakanan pada proses bubut terhadap getaran yang ditimbulkan, berikut hasil uji getaran Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Uji Getaran

No	Material	*Hardness* (HB)	Getaran *mm/s*		
			Depth of cut 0,15 mm	*Depth of cut* 0,20 mm	*Depth of cut* 0.25 mm
1.	AISI 1045	195	1,7	2,0	2,2
2.	D2	258	2,0	2,1	2,3
3.	AISI 4340	346	1,7	2,2	2,8



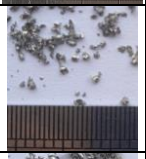
Gambar 4.1 Getaran proses pembubutan baja

Hasil pengukuran getaran pada proses bubut seperti ditunjukkan pada Tabel. 4.1 Pembubutan baja AISI 1045 menghasilkan getaran paling rendah dibandingkan baja D2 dan AISI 4340 yakni pada *depth of cut* 0,15 mm 1,7 mm/s, *depth of cut* 0,20 mm getaran 2.0 mm/s dan *depth of cut* 0,25 mm menghasilkan getaran 2,2 mm/s sesuai dengan yang di gambarkan pada Gambar 4.1. Jadi kekerasan material dan *depth of cut* berkorelasi terhadap getaran yang terjadi pada proses bubut, artinya semakin keras material menghasilkan getaran yang semakin besar begitu juga semakin besar *depth of cut* akan menghasilkan getaran yang semakin besar.

4.2 Bentuk Geram

Bentuk geram dari baja AISI 1045, D2 dan 4340 dengan nilai kekerasan dan *strain hardening* (*n*) ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Bentuk geram

Material	*Depth of cut* 0,15 mm	*Depth of cut* 0,20 mm	*Depth of cut* 0,15 mm	HB	*n*
AISI 1045				195	0,2
AISI D2				258	0,31
AISI 4340				346	0,15

Hasil Penelitian berupa bentuk geram seperti pada Tabel 4.2, pada umumnya geram berbentuk *unfavourable short*, seiring dengan peningkatan *depth of cut* geram cenderung berbentuk spiral dengan diameter yang lebih kecil, sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan (Sanchez dkk, 2015) penelitian terhadap geram alumunium paduan dan (Batista dkk 2013) penelitian terhadap logam titanium menyatakan bahwa semakin besar *depth of cut* bentuk geram akan lebih pendek atau diameter spiralnya akan lebih kecil dan mudah patah. sedangkan semakin keras material bentuk geram akan menjadi semakin pendek anomali terjadi pada baja AISI D2 dimana bentuk geram berbentuk elemental hal ini disebabkan faktor nilai *strain hardening* baja AISI D2 nilainya paling tinggi yakni 0,31

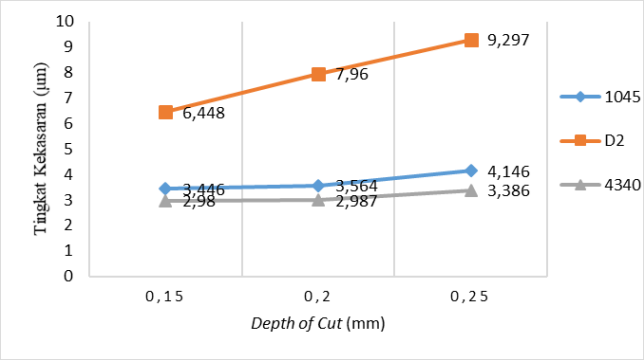
4.3 Kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan indikator penting dari kualitas dan presisi dalam proses manufaktur dan dipercaya sebagai salah satu parameter penting dalam industri. *Surface roughness* juga akan sangat mempengaruhi kondisi suatu *part* dalam proses perakitan yang berhubungan dengan *contact bodies*, gesekan, keausan, dan pelumasan. *Surface roughness* komponen yang dihasilkan dari proses pemesinan sangat dipengaruhi oleh parameter prosesnya.

Agrawal (2015) melakukan penelitian terkait kekasaran permukaan, terhadap baja AISI 4340 (69 HRC) dimana parameter pemotongnya diantaranya *feed rate*, *depth of cut* dan kecepatan potong Hasil menunjukkan bahwa peningkatan nilai *feed rate* paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaaan diikuti kecepatan potong dan *depth of cut*. Sementara Torres dkk (2015) juga melakukan penelitian terhadap pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan. Parameter pemesinan yang digunakan sama dengan Agrawal (2015) dan ditambah radius pahat. Hasil menunjukkan bahwa *depth of cut* dan *feed rate* merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Pada Gambar 4.10 merupakan grafik hubungan antara *depth of cut* terhadap nilai kekasaran permukaan dari baja pada proses pemesinan bubut konvensional, dimana peningkatan *depth of cut* akan berpengaruh terhadap peningkatan *surface roughness*, artinya semakin besar *depth of cut* maka *surface* r*oughness*-nya akan semakin kasar.

Tabel 4.3 Kekasaran Permukaan

No	Material	*Hardness* (HB)	*n*	Kekasaran permukaan		
				Depth of cut 0,15 mm	*Depth of cut* 0,20 mm	*Depth of cut* 0.25 mm
1	AISI 1045	195	0,2	3,446	3,564	4,146
2	AISI D2	258	0,31	6,448	7,960	9,297
3	AISI 4340	346	0,15	2,980	2,987	3,386



Gambar 7. Kekasaran Permukaan

Berdasarkan hasil pengukuran kekasaran permukaan yang ditunjukkan pada Gambar 7. bahwa tingkat kehalusan paling tinggi adalah baja AISI 4340 pada pembubutan dengan *depth of cut* 0,15 mm menghasilkan kekasaran permukaan sebesar 2.98 *µm*, pembubutan dengan *depth of cut* 0.20 mm menghasilkan kekasaran permukaan 2.987 *µm* selanjutnya untuk *depth of cut* 0.25 mm menghasilkan *surface finish* sebesar 3.386 *µm* sehingga dapat di analisis bahwa semakin dalam pemakanan akan menghasilkan tingkat kekerasan yang semakin besar, pada Gambar 7. juga menunjukkan bahwa suatu mateial berpengaruh terhadap harga kekasaran permukaan yang dihasilkan, semakin keras baja akan menghasilkan harga kekasaran permukaan kecil (halus). Baja yang lunak akan menghasilkan harga kekasaran permukaan tinggi (kasar). Kecuai untuk material AISI D2, Ini terjadi karena faktor eksponen pengerasan regangan (*n*) sebesar 0,31 mengakibatkan material ini pada proses pengerjaan dingin mengalami banyak regangan sehingga menyebabkan nilai *surface roughness* menjadi naik atau semakin kasar.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis data penelitian pengaruh kekerasan material terhadap getaran, bentuk geram dan kekasaran permukaan proses bubut dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekerasan material dan *depth of cut* berkorelasi terhadap getaran semakin keras material dan semakin besar *depth of cut* akan menghasilkan getaran yang semakin besar.
2. Kekerasan material dan *depth of cut* berkorelasi terhadap bentuk geram yang dihasilkan proses bubut, semakin keras material akan menghasilkan bentuk geram tidak kontinyu dan semakin besar *depth of cut* akan menghasilkan diameter spiral yang semakin kecil.
3. Hasil analisis hubungan *depth of cut* terhadap nilai *surface roughness* (Ra) sebagai berikut. Peningkatan nilai *depth of cut* akan berpengaruh terhadap peningkatan kekasaran permukaan hal ini dikarenakan peningkatan nilai *depth of cut* berarti gaya tekan pahat akan bertambah besar, semakin keras material akan menghasilkan peningkatkan kekasaran permukaan kecuali untuk material AISI D2 kekasaran permukaan paling tinggi hal ini di karenakan material AISI D2 memiliki nilai *strain hardening* (*n*) paling tinggi 0.31 sehingga dalam pengerjaan dingin mengalami regangan yang besar yang akan meningkatkan nilai kekasaran permukaan material pada saat di mesin.

Daftar Pustaka

Agrawal, A. *et al.* (2015) 'Prediction of surface roughness during hard turning of AISI 4340 steel', *Applied Soft Computing Journal*, 30, pp. 279–286. doi:10.1016/j.asoc.2015.01.059.

Firmansyah, S., Suryanto, H. and Mudjijanto (2021) 'JTM (Jurnal Teknik Mesin) STTR Cepu Pengaruh Jenis Material Benda Kerja Terhadap Getaran Saat Proses Penyayatan Dan Kekasaran Permukaan Produk Yang Dihasilkan Dengan Menggunakan Mesin Bubut', *JTM (Jurnal Teknik Mesin) STTR Cepu*, 1(1), pp. 30–37.

Mudjijanto, S.E. (2019) 'Analisis Karakteristik Geram Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Kecepatan Rendah Terhadap Baja Karbon', 13(1), pp. 18–23.

Sánchez, Y. *et al.* (2015) 'Study of the influence of the cutting parameters on the chip geometry during machining alloy UNS A97075', *Procedia Engineering*, 132, pp. 513–520. doi:10.1016/j.proeng.2015.12.527.

Segreto, T., Simeone, A. and Teti, R. (2012) 'Chip Form Classification in Carbon Steel Turning through Cutting Force Measurement and Principal Component Analysis', *Procedia CIRP*, 2, pp. 49–54. doi:10.1016/j.procir.2012.05.038.

Torres, A., Puertas, I. and Luis, C.J. (2015) 'Surface Roughness Analysis on the Dry Turning of an Al-Cu Alloy', *Procedia Engineering*, 132, pp. 537–544. doi:10.1016/j.proeng.2015.12.530.

Wijayanti, R.R. (2013) 'Strategi Pemberdayaan UMKM Menghadapi Pasar Bebas Asean', pp. 1–32.