

Pengaruh Variasi Kecepatan Udara dan *Depth of Cut* terhadap Kekasaran Permukaan pada Baja St 41

Aristya Faisal¹, Pathur Razi Ansyah¹

¹Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

✉ pathur.razi@ulm.ac.id

Pada pembubutan konvensional, biasanya digunakan media pendingin oli yang banyak mengandung senyawa berbahaya, maka dari itu ada salah satu alternatif berupa media pendingin menggunakan kecepatan udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi kecepatan udara dan kedalaman potong (*depth of cut*) terhadap kekasaran permukaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah menggunakan studi eksperimen pada pembubutan pada baja ST 41. Nilai kekasaran permukaan diperoleh dari hasil pengujian kekasaran permukaan yang terbesar terdapat pada tanpa perlakuan dengan kedalaman potong 1 mm 8,307 Ra dan untuk yang paling kecil terdapat pada kecepatan udara 9 m/s dengan kedalaman potong 0,5 mm 3,307 Ra. Dari hasil pengukuran kekasaran permukaan didapatkan bahwa semakin besar kedalaman potong maka nilai kekasaran permukaan semakin kasar dan begitu pula sebaliknya. Di sisi lain dengan fluktuasi kecepatan udara, semakin tinggi kecepatan udara, maka nilai kekasaran permukaan semakin halus dan begitu pula sebaliknya.

Kata kunci: Pembubutan, kecepatan udara, *depth of cut*, kekasaran permukaan, *vortex tube*

Diajukan: 29 Januari 2023

Direvisi: 22 Juli 2023

Diterima: 29 Juli 2023

Dipublikasikan online: 30 Juli 2023

Pendahuluan

Meskipun ada kecenderungan di seluruh dunia untuk mengurangi penggunaan cairan pemotongan karena efek berbahaya, seperti pencemaran lingkungan, dermatitis (peradangan pada kulit) dan masalah gangguan pernapasan pada pekerja, biaya tinggi, dan lain-lain, mereka memberikan manfaat besar untuk operasi permesinan seperti peningkatan karakteristik tribologis, peningkatan umur pahat, pengurangan gaya dan daya permesinan, pengurangan gradien termal, dan pengangkutan serpihan/serutan. Oleh karena itu, penggunaannya sangat diperlukan untuk permesinan yang efisien. Karena kontaminasi dan pencemaran lingkungan, ada beberapa alternatif solusi yang telah dicari untuk meminimalkan atau menghindari penggunaan cairan pemotong konvensional dalam operasi permesinan. Beberapa alternatif tersebut adalah proses permesinan dengan *minimum quantity lubrication* (MQL) yang menggunakan cairan pelumasan secara minimum, *air jet cooling* yang menggunakan udara dan permesinan kering (*dry machining*) yang tanpa menggunakan cairan pelumas.

Ada beberapa faktor untuk meningkatkan kualitas kekasaran permukaan dan temperatur pahat yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti putaran *spindle*, *depth of cut* dan penggunaan udara pendingin. Pendingin udara dapat mempengaruhi kekasaran

permukaan dikarenakan dengan adanya udara bertekanan maka menyebabkan kecepatan udara bertambah sehingga pendinginan lebih cepat dilakukan, maka diperlukanlah *air filter regulator* dikarenakan jika udara pada kompresor terus dibuka, maka kecepatan udara akan terus menurun, kecuali diatur untuk buka tutupnya, sehingga bisa diatur untuk konstan kecepatan udaranya.

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan tentang analisa efek udara pendingin pada baja ST 41 menjelaskan penelitian yang menggunakan *vortex tube* dengan variasi kecepatan *spindle*, laju umpan, kedalaman potong, dan udara pendingin didapatkan hasil optimal yang bervariasi untuk kekasaran permukaan paling halus, temperatur paling rendah dan daya listrik bubut paling kecil (Marna, 2014). Sementara penelitian lainnya Dengan pahat HSS dan bahan uji baja ST 41, sistem pendingin *vortex tube* dengan menggunakan parameter *feeding*, kecepatan *spindle* dan kedalaman potong. Didapatkan hasil yang baik dengan menggunakan *vortex tube* dapat meningkatkan *tool life* HSS hingga 52,76% (Pulungan et al., 2013). Penelitian lainnya juga menjelaskan penerapan udara dingin ke antarmuka alat dari tips alat modern ini juga membantu memperpanjang umur pahat mereka dengan mengurangi biaya pemotongan logam. Namun, tingkat penghilangan panas konvektif yang rendah terkait dengan pendingin udara konvensional metode umumnya tidak memadai untuk

Cara mensitasi artikel ini:

Faisal, A., Ansyah P.R. (2023) Pengaruh Variasi Kecepatan Udara dan *Depth of Cut* terhadap Kekasaran Permukaan pada Baja ST 41. *Buletin Profesi Insinyur* 6(3) 077-082



This is an open access article under the CC BY-NC-SA License

menghilangkan pembangkitan panas yang hebat dalam pemotongan proses dan metodologi pendinginan yang ditingkatkan yang sesuai belum ditetapkan (Boswell & Chandratilleke, 2009). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Rusnaldy dkk juga menjelaskan bahwa dengan pendinginan udara mampu mengurangi keausan pahat dan meningkatkan kualitas kekasaran permukaan (Rusnaldy et al., 2011).

Dari penelitian terdahulu, literatur mengenai variasi kecepatan udara sebagai media pendingin belum banyak digunakan. Perbedaan kegunaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu kecepatan udara menjadi media pendingin serta variasi *depth of cut* pada baja ST41. Variasi pendinginan kecepatan udara serta kedalaman potong dapat membentuk nilai kekasaran permukaan yang halus dan suhu alat yang lebih rendah.

Mesin Bubut

Mesin bubut ialah alat yang berfungsi memutar benda kerja lalu dipasangkan di alat yang bergerak secara translasi sepanjang sumbu putar benda kerja. Dengan mengubah rasio kecepatan putaran dan kecepatan pemotongan pahat, dimungkinkan untuk mendapatkan berbagai jenis ulir dalam rentang ukuran yang lebar. Perkembangannya melibatkan jenis mesin bubut yang memutar pisau sementara benda kerja tetap ada. Pada kecepatan putaran tersebut, pahat dengan mudah memotong benda kerja sehingga mudah disesuaikan. Mesin bubut tangan harus digunakan untuk mengidentifikasinya dari mesin yang dikendalikan komputer (*Computer digital control*) atau kontrol numerik (Wirawan Sumbodo, 2016). Mesin bubut tradisional adalah mesin yang biasanya digunakan di bengkel industri atau sekolah kejuruan dan lembaga pendidikan. Prinsip kerja mesin bubut pada dasarnya sama yaitu: *face*, datar, meruncing, ulir, alur, *forming*, *drilling*, pembesaran lubang, mengkartel, *cutting*, dan lain-lain. Mesin bubut digunakan untuk memutar dan membuat bagian-bagian dari berbagai bentuk sesuai dengan kebutuhan pekerjaan. Misalnya, membubut muka, alur, ulir, *cutting*, bertingkat, rata, tirus dan memperbesar lubang. Kinerja pemotongan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis material, geometri bubut, sudut pemotongan bubut dan teknik permesinan. Misalnya, pahat HSS mengandung beberapa paduan V, Co, V, Mo, CR, dan W, yang memiliki keunggulan kekerasan yang meningkat, kekuatan pada suhu yang lebih tinggi (kekerasan panas), daya tahan, kemudahan penajaman, harga lebih murah dan kemudahan dalam memperoleh perol (Riady & Tamjidillah, 2017).

Baja

Baja merupakan material yang digunakan di industri sebagai perlengkapan pembuatan konstruksi yang dibagi menjadi 2 yaitu baja karbon dan paduan. Baja karbon memiliki unsur mangan, silikon, nitrogen, belerang, oksigen serta yang lainnya. Contohnya Baja ST-41 yang berupa karbon rendah sebanyak 0,08% - 0,20%, ST ialah singkatan dari kata *steel* selain itu 41 diartikan kekuatan tarik (*tensile strength*) sebanyak 41 kg/mm². Dari sini disimpulkan bahwa ST-41 adalah baja struktural yang mempunyai kekuatan tarik 41 kg/mm². Baja ini diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari karena keuletannya yang tinggi, ketangguhannya yang

tinggi, bentuknya yang sederhana tetapi kekerasannya rendah (Setyawan & Rhohman, 2018).

Kekasaran Permukaan

Dengan mempertimbangkan kemajuan teknologi saat ini, telah muncul suatu peralatan yang dapat menghasilkan permukaan komponen dengan ambang batas kehalusan yang sangat tinggi dan sesuai dengan standar yang digunakan selama pengukuran. Peralatan ini diidentifikasi oleh peserta pengukuran objek geometri melalui penggunaan analisis penelitian. Kehalusan permukaan mempertahankan peran yang sangat penting dalam perancangan komponen mekanis, terutama dalam hal lecet, pelumasan, ketahanan aus, dan kelelahan.. Oleh karena itu, perencanaan dan pembuatan harus mengembangkan lebih teliti peralatan mesin yang akan digunakan dan berapa biaya yang diperlukan untuk menyembunyikan penyimpangan tersebut. Dengan kata lain, perencana harus memahami karakteristik permukaan.

Terdapat beberapa variabel yang akan mempengaruhi kasar permukaan material, namun pada penelitian ini peneliti menggunakan Ra untuk menghitung nilai kekasaran rata-rata aritmatika. Ada nilai standar internasional angka dari pengukuran kekasaran permukaan pada objek kerja dapat dilihat pada Tabel 1. mengenai standar kekasaran permukaan menurut ISO.

Tabel 1. Standar kekasaran permukaan menurut ISO atau DIN 4763: 1981

Kekasaran (Ra)	Tingkat 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	
0,05	N2	
0,0125	N1	0,08

(Sumber: Mardiansyah A, 2014))

Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran dilakukan untuk mengetahui hasil benda kerja setelah proses permesinan. Pengukuran kekasaran dibagi dua seperti pengukuran secara tidak langsung diantaranya yaitu dengan meraba, melihat/mengamati, menggaruk dan dengan kamera makro. Akan tetapi, pada pengukuran ini sulit untuk mendapatkan nilai yang pasti, karena tidak ada ketentuan dan parameter kendali. Sedangkan pengukuran kekasaran secara langsung ini menggunakan alat *surface roughness tester* yang hasil dari pengukuran ini tergolong tepat (Mardiansyah A, 2014).

Metode Penelitian

Peralatan

Mesin bubut konvensional yang dipakai berupa mesin bubut Krisbow KW15-486 yang berfungsi melakukan proses pembubutan seperti yang terlihat pada Gambar 1.

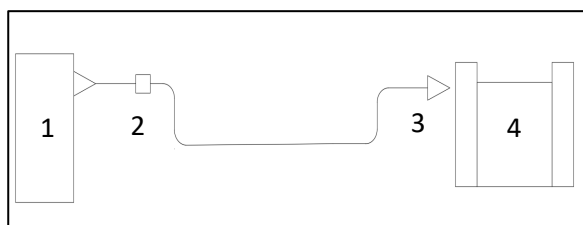


Gambar 1. Mesin bubut konvensional

Pahat HSS ialah alat yang dipakai memotong diproses pembubutan. Lalu jangka sorong dipergunakan untuk mengukur diameter benda kerja. Berikutnya kompresor digunakan untuk penyedia udara untuk pendinginan pengganti oli pada proses pembubutan berlangsung. Selanjutnya *Adjustable spot cooler* adalah alat yang digunakan untuk mengubah udara panas dari kompresor ke udara dingin sebagai outputnya. Berikutnya, *surface roughness tester* atau SRT-6200 ialah alat untuk mengukur nilai kekasaran permukaan. *Air filter regulator* digunakan untuk mengatur besar dan kecilnya pengeluaran udara dari kompresor menuju *adjustable spot cooler* seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Air filter regulator



Gambar 3. Skema eksperimen

Pada penelitian ini memiliki skema penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 3 yang digunakan untuk menggambarkan proses pembubutan, pada No. 1 yang merupakan kompresor yang berguna sebagai penghasil udara. Selanjutnya, pada No. 2 yaitu *air filter regulator* yang berguna untuk mengatur besar kecilnya udara yang keluar dan pada No. 3 merupakan *adjustable spot cooler* yang

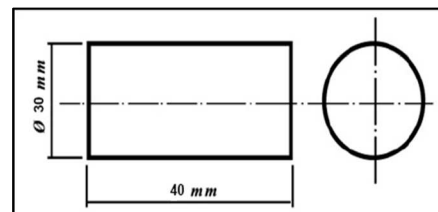
terdapat *vortex tube* di dalamnya lalu udara dari *air filter regulator* tadi diarahkan ke pahat pada proses pembubutan pada No 4.

Bahan

Dalam proses penelitian ini, bahan yang digunakan adalah Baja ST 41 sebanyak 27 sampel seperti yang terlihat pada Gambar 4 yang menggunakan diameter 30 mm dan panjang 40 mm seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Foto bahan penelitian



Gambar 5. Sketsa bahan penelitian

Variabel bebas adalah variabel yang dipengaruhi di awal peneliti sebelum melakukan penelitian serta sebagai penyebab asal kemunculannya variabel terikat, variabel bebas dalam penelitian ini yaitu: media pendingin yang digunakan diproses ini ialah kecepatan udara pendingin menggunakan tanpa perlakuan, kecepatan udara 3 m/s serta kecepatan udara 9m/s. Lalu putaran *spindle* yang digunakan pada proses ini ialah 550 rpm. Selanjutnya kedalaman potong yang digunakan diproses ini ialah 0,5 mm, 0,75 mm serta 1 mm. Dalam penelitian ini didapatkan variabel terikat yang merupakan pengaruh yang berasal dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan dan suhu pahat.

Proses Pembubutan dan Pengujian Kekasaran Permukaan

Sampel yang dipersiapkan adalah diameter 30 mm dan panjang 40 mm. Persiapan berikutnya adalah mesin bubut, *air filter regulator*, kompresor udara, dan *adjustable spot cooler*. Selanjutnya memberikan tanda pada spesimen uji dengan membuat setiap jarak percobaan pembubutan, memasang benda kerja serta pahat yang akan dipergunakan. Berikutnya, mengatur mesin bubut sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Lakukan proses pembubutan buat percobaan pertama. Setelah itu lakukan proses pembubutan sebanyak tiga kali pengulangan buat di setiap percobaan. Lakukanlah tadi secara berulang buat percobaan seterusnya. Sehabis proses pembubutan diselesaikan, akibat bubut ditandai sesuai menggunakan nomor urut percobaan. Pemberian kode dimaksudkan

untuk memudahkan proses pengujian dan pengumpulan data. Setelah itu benda kerja yang telah dibubut tadi lalu dibersihkan permukaannya dan dipastikan tidak ada kotoran yang menempel. Lalu mempersiapkan alat *surface roughness tester* dan melakukan kalibrasi. Selanjutnya dilakukan pengujian kekasaran permukaan dengan alat pengukur kekasaran permukaan, dan mencatat hasil pengukuran setelah selesai pengukuran. Proses di atas bisa dilihat pada diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Uji kekasaran permukaan

Uji kekasaran permukaan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat menggunakan alat *Surface Roughness Tester* SRT-6200 dengan 3 titik pengukuran untuk sampel. Data hasil pengujian kekasaran permukaan pada pembubutan rata Baja ST 41 dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian kekasaran permukaan

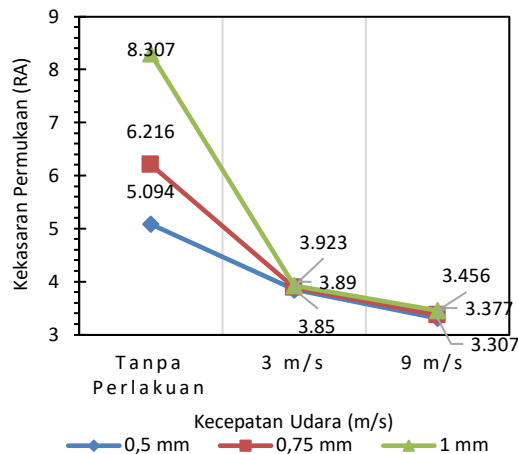
Putaran Spindle (rpm)	Depth of cut (mm)	Kecepatan udara (m/s)	Spesimen kekasaran permukaan (Ra)				Nilai kekasaran
			I	II	III	Rata- Rata (Ra)	
550	0,5	Tanpa perlakuan	4,66	5,292	5,331	5,094	N8
		3	4,319	3,376	3,855	3,850	N8
		9	2,979	3,029	3,912	3,307	N8
	0,75	Tanpa perlakuan	6,074	6,229	6,346	6,216	N8
		3	3,843	3,764	4,063	3,89	N8
		9	2,260	3,705	4,167	3,377	N8
	1	Tanpa perlakuan	8,331	8,682	7,908	8,307	N8
		3	3,949	4,114	3,705	3,923	N8
		9	3,705	3,277	3,386	3,456	N8

Pembahasan

Data pada Tabel 2 di atas ialah hasil pengujian kekasaran permukaan menggunakan media pendingin kecepatan udara pada saat pembubutan baja ST 41 menggunakan *Surface Roughness Tester* SRT-6200. Dari table diatas menggunakan kecepatan spindle 550 rpm. Untuk variabel lain yaitu kecepatan angin tanpa perlakuan, 3 m/s dan 9 m/s, kedalamn potong 0,5 mm, 0,75 mm dan 1 mm. Untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan yang diamati untuk setiap sampel, muatkan hasil yang diperoleh ke dalam format grafik (Gambar 7).

Dari Gambar 7. mengenai grafik hubungan variasi antara kecepatan udara terhadap kekasaran permukaan dengan kecepatan putaran spindle 550 rpm, dimana pada tanpa perlakuan memiliki nilai kekasaran permukaan 5,094 Ra, 6,216 Ra dan 8,307 Ra, pada kecepatan udara 3 m/s memiliki nilai kekasaran permukaan 3,850 Ra, 3,890 Ra dan 3,923 Ra, dan pada kecepatan udara 9 m/s memiliki nilai kekasaran permukaan 3,307 Ra, 3,377 Ra dan 3,456 Ra. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa tanpa perlakuan memiliki nilai kekasaran permukaan yang kasar, sedangkan pada kecepatan udara 9 m/s memiliki nilai kekasaran yang halus, hal ini terjadi karena dengan menggunakan media pendingin kecepatan udara membantu mempengaruhi nilai kekasaran permukaan, oleh karena itu semakin tinggi kecepatan angin maka nilai kekasaran permukaan akan semakin halus, sebaliknya jika tidak dilakukan perlakuan maka nilai kekasaran permukaan akan menjadi kasar.

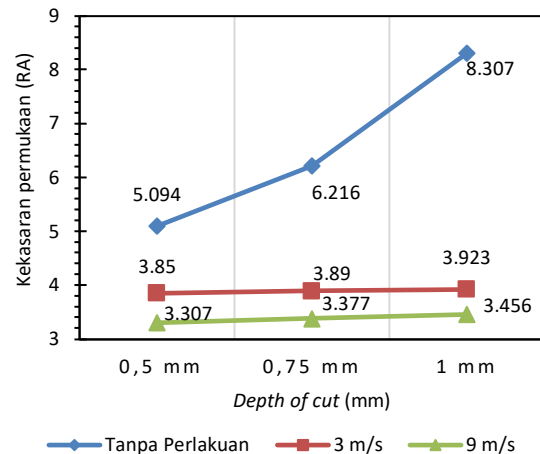
Gambar 7 juga menunjukkan bahwa untuk variasi kecepatan udara, dengan meningkatnya kecepatan udara, kekasaran permukaan semakin halus,; sebaliknya, jika tidak ada tindakan yang diambil, kekasaran permukaan menjadi lebih kasar. Hal ini karena kecepatan udara mampu menghilangkan bahan geram yang bengkok sehingga tidak menyebabkan perubahan permukaan benda hasil untuk proses pembubutan. Hal ini ditunjukkan dengan grafik yang membandingkan keduanya, yang menunjukkan bahwa kecepatan udara mampu menurunkan nilai permukaan hasil untuk proses pembubutan. Hal ini juga terjadi karena masuknya udara bersuhu rendah di area pemotongan membuat permukaan benda kerja cepat mengeras dalam waktu singkat, terkadang masuknya udara bersuhu rendah selama pemotongan akan menyebabkan.



Gambar 7. Grafik hubungan variasi antara kecepatan udara terhadap kekasaran permukaan

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Paryanto, Rusnaldy, dan Tony S.Utomo, (Paryanto et al., 2012) yang memiliki kesamaan menggunakan media pendingin udara, menjelaskan bahwa dengan menggunakan pendinginan udara, pahat sedang melalui proses pendinginan. Hal ini menghilangkan kemungkinan adanya geram difusi (migrasi atom logam dan karbon dari daerah tinggi ke daerah rendah) pada suatu permukaan.. Ini mengubah geometri pahat dan dengan demikian kekasaran proses pembubutan.

Gambar 8. adalah grafik yang menunjukkan perubahan kedalaman potong dengan kekasaran permukaan pada kecepatan spindle 550 rpm. Pada kedalaman 0,5 mm hasil yang diperoleh kekasaran permukaan sebesar 3,307 Ra, 3,850 Ra, dan 5,094 Ra; kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0,75 mm adalah 3,377 Ra, 3,890 R; dan 6,216 Ra; dan pada kedalaman potong 1 mm adalah 3,456 Ra, 3,923 Ra dan 8,307 Ra. Berdasarkan temuan penelitian ini, variasi kedalaman potong 0,5 mm memiliki inti kekasaran permukaan yang lebih halus dan variasi kedalaman potong 1 mm memiliki inti permukaan yang lebih kasar. Sebaliknya dengan kedalaman potong yang kecil maka kekasaran permukaan semakin halus. Dari gambar diatas menjelaskan bahwa pada bagian kedalaman potong, semakin besar kedalaman potong maka nilai kekasaran permukaan akan semakin kasar, sebaliknya jika *depth of cut* kecil dapat menghasilkan kekasaran permukaan yang semakin halus. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Ipilakyaa Tertseghe Daniel, dkk (Daniel & Omenka, 2020) yang memiliki kesamaan dengan penelitian ini menggunakan pahat HSS yang menjelaskan bahwa nilai kekasaran permukaan mampu ditingkatkan dengan ditambahnya besar dari kedalaman potong, peningkatan ini dapat dikaitkan dengan peningkatan getaran mesin karena peningkatan gaya potong pada *depth of cut* yang lebih besar, peningkatan ini juga dapat dikaitkan dengan pembentukan tepi yang terbentuk pada *depth of cut* yang lebih besar.



Gambar 8. grafik hubungan variasi antara *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan

Uji Statik ANNOVA

Dari hasil pengujian, dilakukan analisis ANOVA menggunakan software SPSS yang mendapatkan data sebagai berikut :

X = 0,5 0,5 0,5 0,75 0,75 0,75 1 1 1 (*depth of cut*)

Y = 0 3 9 0 3 9 0 3 9 (Kecepatan udara)

Z = 5,094 3,850 3,307 6,216 3,890 3,377 8,307 3,923 3,456 (Kekasaran Permukaan)

Setelah mengetahui data-datanya, selanjutnya kita *analyze* pilih *regression* lalu pilih *linear*. Setelah itu masukkan nilai X dan Y di independent (s) dan nilai Z di *Dependent*. Yang mana mendapatkan hasil dibawah ini

1. Jika nilai sig < 0,05, maka terdapat pengaruh variabel X dan Y terhadap variabel Z
2. Jika nilai sig > 0,05, maka tidak terdapat pengaruh Variabel X dan Y terhadap variabel Z

Tabel 3. Analisa ANNOVA hasil hubungan antara variasi kecepatan udara dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.796 ^a	.633	.511	1.175605

a. Predictors: (Constant), Kecepatan udara (m/s), *Depth of cut*(mm)

ANOVA ^a					
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F
1	Regression	14.306	2	7.153	5.176
	Residual	8.292	6	1.382	
	Total	22.599	8		

a. Dependent Variabel: Kekasaran Permukaan (Ra)

b. Predictors: (Constant), Kecepatan udara (m/s), *Depth of cut*(mm)

Untuk analisis ANNOVA pada Tabel 3 menghasilkan 0,796 untuk hubungan antara kedalaman potong, kecepatan angin, dan nilai kekasaran, dan dalam hal ini interpretasi kuat, atau hubungannya kuat. bisa dikatakan. Dalam analisis lain, nilai sig-value adalah 0,049, yang dalam hal ini sesuai

dengan $<0,05$. Oleh sebab itu, variabel bebas mampu mempengaruhi variabel terikat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian untuk memahami hubungan antara kecepatan udara, kecepatan *spindle*, dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan baja ST 41, diketahui bahwa semakin besar kedalaman potong mengakibatkan semakin tinggi nilai kekasaran permukaan dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan pada hubungan kecepatan udara, semakin tinggi kecepatan udara mengakibatkan kekasaran permukaan semakin kecil dan jika tidak diberikan perlakuan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi.

Referensi

- Boswell, B., & Chandratilleke, T. T. (2009). *Air-cooling used for metal cutting*. *American Journal of Applied Sciences*, 6(2), 251–262.
<https://doi.org/10.3844/ajas.2009.251.262>
- Cahaya Putera Su-Marna, G. (2014). OPTIMASI PARAMETER PROSES BUBUT BAJA St 60 DENGAN MEDIA PENDINGIN COOLED AIR JET COOLING. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 2, Issue 3).
- Daniel, I. T., & Omenka, I. (2020). *Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness of Stainless Steel during Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness of Stainless Steel during Turning Operation*. *March*, 11–12.
- Mardiansyah A. (2014). Analisis kekasaran permukaan benda kerja dengan variasi jenis material dan pahat potong. Universitas Bengkulu, 1-14
- Paryanto, Rusnaldy, & Tony S., U. (2012). Pengaruh pendingin *air jet* pada permukaan kekasaran dan pemakaian alat. 1, 71–143.
- Pulungan, A. I., Ibrahim, G. A., Burhanuddin, Y., Jurusan, M., & Mesin, T. (2013). Unjuk kerja *Vortex tube Cooler* pada permesinan baja ST41. In *JURNAL FEMA* (Vol. 1, Issue 4).
- Riady, A., & Tamjidillah, M. (2017). Penentuan Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Kekasaran Baja St 42 Hasil Proses Bubut Menggunakan Metode Taguchi. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 2(2), 105–111.
<https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v2i2.40>
- Rusnaldy, R., Diponegoro, U., & Paryanto, P. (2011). *Analysis of Air Jet Cooling Effect on the Turning Process of St 40 Steel*. The 12th International Conference on Quality in Research (QIR 2011) (July 2011)
- Setyawan, D., & Rhohman, F. (2018). Pengaruh proses perlakuan panas terhadap penggunaan media pendingin terhadap kekuatan tarik material ST-41. *Jurnal Mesin Nusantara*, 1(1), 10–18.
<https://doi.org/10.29407/jmn.v1i1.12291>
- Wirawan Sumbodo, D. (2016). Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2. (p. 1-258)