

EVALUASI CAIRAN PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES MILLING CNC ROUTER ALUMINIUM SHEET 1100

Junaidi Ilham¹, Bambang Dwi Haripriadi²
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis^{1, 2}
junaidiilham2803@gmail.com¹, bambang@polbeng.ac.id²

Abstract

Good surface quality of the product in the machining process is also influenced by cutting parameters, among others: cutting speed, feeding, and also the depth of the meal. The right setting and selection of cutting parameters is a factor that influences the quality of machining results and more optimal machining conditions. From this matter, this research was conducted with the aim to determine the surface roughness with variations in feeding and also the variation and effectiveness of coolant variations on surface roughness. This research was carried out by carrying out a CNC Router milling process on Aluminum Sheet 1100 which was assessed from the surface roughness results with variations in feeding motion, depth of cut and coolant. The results of the study are the largest surface roughness values that occur in the second parameter with feeding (f) 30 mm / min, depth of cut (a) 0.1 mm, and coolant coolant measured average surface roughness of 2.999 μm . The results of the analysis of variance (ANOVA) state that there is no significant factor in the level of surface roughness, but the data states that the depth of the cut is the most contributing factor in the level of surface roughness, it can be seen from the P-value produced smaller of these three factors.

Keywords: Surface Roughness, Aluminum, Anova, CNC

1. PENDAHULUAN

Perkembangan IPTEK menuntut industri manufaktur harus mampu bersaing dalam beberapa faktor penting, seperti peningkatan kualitas produk, kecepatan proses manufaktur, penurunan biaya produksi, produksi yang aman dan ramah lingkungan. Dalam industri manufaktur, proses produksi dilakukan dengan sangat cepat. Penggunaan mesin CNC sangat dianjurkan karena hasil proses yang dilakukan sangat baik dibandingkan dengan cara yang konvensional. Kualitas barang produksi yang dianggap baik biasanya ditandai dengan kualitas. Untuk mencapai kualitas permukaan yang diprasyaratkan untuk sebuah produk salah satunya produk-produk yang terbuat dari bahan aluminium dapat dilakukan dengan mempergunakan proses manufaktur seperti proses pemesinan *milling* CNC router dengan menggunakan plat aluminium sebagai material pendukungnya.

Untuk mengendalikan panas pada proses pemesinan dilakukan dengan menyalurkan cairan pendingin ke daerah pemotongan (*cutting zones*). Selain mendinginkan, cairan pendingin juga akan berfungsi untuk mengurangi gesekan antara mata pahat dengan benda kerja sehingga panas dapat dikendalikan untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan.

Karena fungsinya sebagai pelumas (selain media pendingin), beberapa cairan pendingin juga harus dibuat dari unsur-unsur yang memiliki kemampuan pelumasan yang baik, salah satu jenis cairan pendingin yang banyak digunakan saat ini dibidang pemesinan adalah cairan pendingin yang bersumber dari minyak mineral (*straight oil*) akan tetapi, harga cairan pendingin jenis ini semakin lama semakin tinggi yang disebabkan menyusutnya cadangan sumber bahan bakunya. Selain untuk memperbaiki umur pahat selama proses pemotongan pendingin juga berfungsi untuk menurunkan temperatur pemotongan. Sehingga temperatur benda kerja yang terjaga dapat memperbaiki kualitas permukaan dan penampilan benda kerja sesuai dengan yang diinginkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kekasaran

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Sedangkan permukaan itu sendiri ialah batas yang memisahkan benda padat dengan sekelilingnya. Karakter suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin/peralatan. Dimana karakteristik permukaan dinyatakan dengan jelas misalnya dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan, dan lain-lain. Karakteristik perancangan sedapat mungkin harus dipenuhi oleh si pembuat komponen. Kekasaran permukaan dapat diwakilkan kedalam sebuah grafik yang memiliki bentuk yang sama dengan profil yang diukur. Grafik tersebut merupakan pembesaran dari kekasaran permukaan pada profil tersebut. Dari grafik yang didapatkan tersebut, dapat dicari beberapa parameter-parameter guna menganalisa dan mengidentifikasi konfigurasi suatu permukaan.

Tabel 1. Toleransi harga kekasaran rata-rata (R_a)

Kelas kekasaran	Harga R_a (μm)	Toleransi(μm) (+50% & -25%)	Panjang Sampel(mm)
N1	0,025	0,02–0,04	0,08
N2	0,05	0,04–0,08	0,25
N3	0,1	0,08–0,15	
N4	0,2	0,15–0,3	
N5	0,4	0,3–0,6	0,8
N6	0,8	0,6–1,2	
N7	1,6	1,2–2,4	
N8	3,2	2,4–4,8	
N9	6,3	4,8–9,6	2,5
N10	12,5	9,6–18,75	
N11	25	18,5–37,5	8
N12	50	37,5–75,0	

2.2. Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dengan berat jenis 2.7 gram/cm³ setelah Magnesium (1.7 gram/cm) dan Berilium (1.85 gram/cm) atau sekitar 1/3 dari berat jenis besi maupun tembaga. Konduktivitas listriknya 60 % lebih dari tembaga sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, memiliki sifat pantul sinar yang baik sehingga digunakan pula pada komponen mesin, alat penukar panas, cermin pantul, komponen industri kimia dan lain-lain.

Aluminium merupakan logam yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen membentuk lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) dan membuat tahanan korosi yang baik. Namun apabila kadar Fe, Cu, dan Ni ditambahkan akan menurunkan sifat tahan korosi karena kadar aluminiumnya menurun. Penambahan Mg Mn tidak mempengaruhi sifat tahan korosinya (Irawan, 2008).

Terhadap beberapa sifat yang penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik diantaranya adalah sebagai berikut:

- Pengantar listrik dan panas yang baik (konduktor).
- Mudah difabrikasi.
- Ringan.
- Tahan korosi dan tidak beracun.

- e) Kekuatannya rendah tetapi paduan *alloy* dari aluminium bisa meningkat sifat mekanisnya.

Tabel 2. Sifat Mekanik Aluminium (Irawan, 2008)

Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Di anil	75% dirol dingin	Di anil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan Mulur (0,2) (kg/mm^2)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

2.3. Cairan pendingin

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Bagaimana cairan pendingin itu bekerja pada daerah kontak antara beram dengan pahat, sebenarnya belum diketahui secara pasti mekanismenya. Secara umum dapat dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi.

1. Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses permesinan adalah:
 - a. Melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah.
 - b. Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi.
 - c. Membuang beram dari daerah pemotongan.
2. Fungsi kedua cairan pendingin adalah :
 - a. Melindungi permukaan yang disayat dari korosi. Memudahkan pengambilan benda kerja, karena bagian yang panas telah didinginkan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan

1. Aluminium *sheet* 1100

Benda kerja yang dipakai pada penelitian ini adalah plat aluminium *sheet* 1100 dengan panjang 80 mm lebar 80 mm tebal 5 mm. Jenis material ini dipilih sebagai benda kerja yang akan dipergunakan pada peneliti ini. Selain itu jenis material tersedia banyak di pasaran lokal.

Tabel 3. Komposisi paduan aluminium 1100.

Alluminium	Tembaga	Besi	Mangan	Silikon	Seng	Residu
99,0-99,95%	0,05-0,20%	0,95%	0,05%	0,95%	0,1%	0,15%

2. Pahat *End Mill*

Jenis pahat *end mill* yang digunakan dalam penelitian adalah jenis *high speed steel* (HSS) dengan merek super hard endmill. *High speed steel* (HSS) perkakas yang tahan terhadap kecepatan kerja yang tinggi dan temperatur yang tinggi juga dengan sifat tahan *softning*, tahan abrasi, dan tahan breaking.



Gambar 2. mata pahat *end mill* 6 mm 6x6x15x37.

3. Cairan Pendingin

a. Air

Air yang digunakan sebagai bahan pendingin adalah air mineral yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

b. *Coolant*

Coolant yang biasa digunakan merupakan cairan sintetis yang sering digunakan pada proses permesinan dan mudah ditemukan di pasaran. Cairan ini merupakan campuran antara minyak dan air dengan perbandingan 1 liter minyak dicampur dengan 10 liter air. Cairan pendingin ini mempunyai daya pelumas dan pelindungan yang tinggi terhadap korosi yang tinggi dibandingkan dengan cairan pendingin lainnya.

c. Minyak Kelapa Sawit (Minyak Goreng kemasan)

Minyak goreng kemasan yang terbuat dari biji kelapa sawit yang dipilih khusus.

3.2. Peralatan

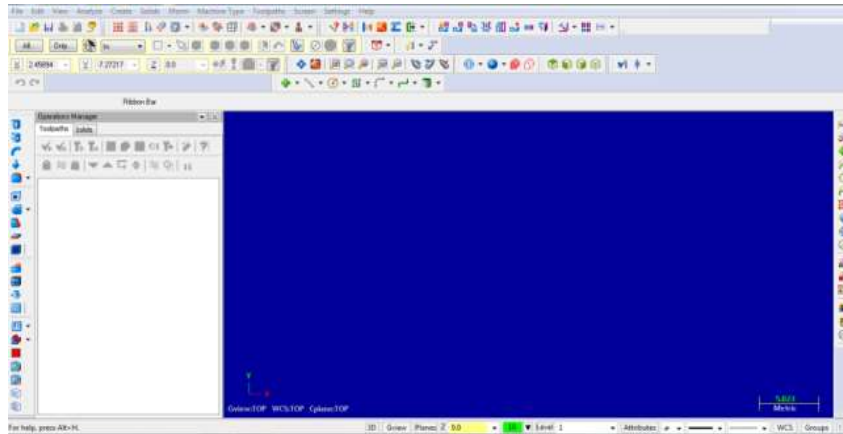
1. Mesin CNC Router



Gambar 3. mesin cnc router

2. Mastercam X7

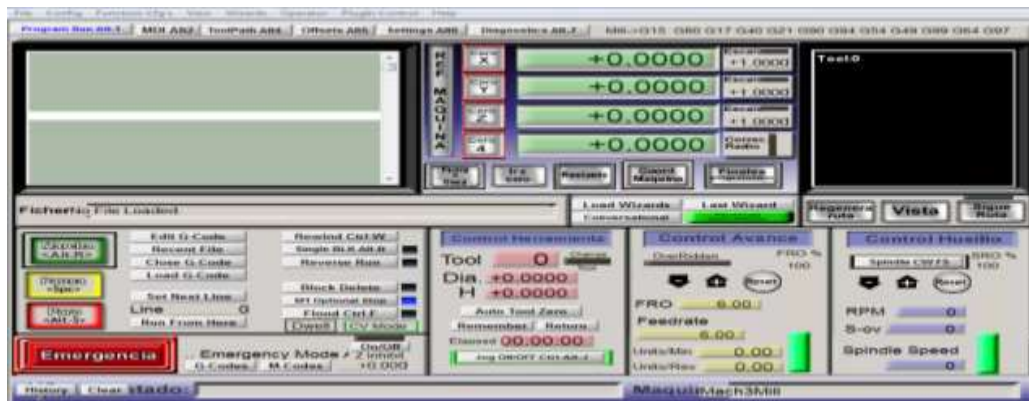
Mastercam merupakan *software* yang digunakan untuk menggambarkan atau merencanakan proses pemesinan secara virtual melalui layar komputer.



Gambar 4. Tampilan mastercam X7

3. MACH3

MACH3 adalah *software* CNC yang berjalan diatas platform OS *windows*. *MACH3* berfungsi untuk memproses data/komputasi sehingga sebuah dekstop PC bisa berubah menjadi *controller* sistem CNC.



Gambar 5. Tampilan *software mach3*.

1. Microscop USB

Alat ukur yang digunakan untuk melihat kekasaran permukaan benda adalah dengan menggunakan *microscop* USB. Mikroskop Digital ini dirancang khusus untuk mengamati objek micro seperti sell, bakteri, jamur dan sebagainya, termasuk bisa juga untuk melihat keausan mata pahat.



Gambar 6. *microscop* USB.

2. Surface Roughness Tester

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan adalah dengan menggunakan alat *Surface Roughness Tester*.

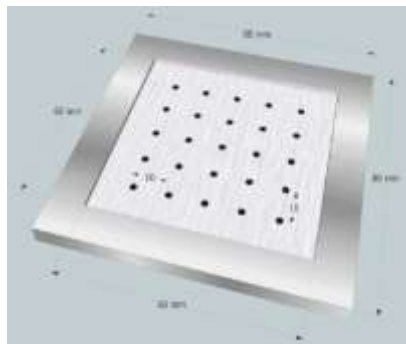


Gambar 7. *Surface Roughness Tester*

3.3. Metode Pengukuran

Pengukuran nilai kekasaran permukaan objek diukur dilakukan diatas meja kerja beberapa saat setelah pemrosesan selesai, dengan maksud agar kondisi benda kerja lebih stabil. Kemudian permukaan diukur menggunakan *Surface roughness tester*. Pengukuran dilakukan dengan mengadaptasi metode rata-rata (Gambar 7.) dimana kekasaran permukaan diukur pada 25 titik pengukuran, setiap titik ke titik berjarak 10 mm, kemudian hasil yang didapatkan dirata-ratakan. Kekasaran rata-rata itu dijadikan sebagai nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan menggunakan persamaan berikut:

$$Ra = \frac{Ra1+Ra2+Ra3.....Ra25}{25} \quad (1)$$



Gambar 8. Posisi titik pengukuran kekasaran permukaan.

3.4. Rancangan Eksperimen

Rancangan eksperimen ini diawali dengan pemilihan matriks ortogonal yang tergantung dari banyaknya variabel kontrol dan level dari masing-masing variabel tersebut. Tabel 4. menunjukkan jenis variabel bebas, jumlah level dan nilai dari variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 4. Variabel bebas dan penentuan level.

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
Gerak makan	30 mm/min	40 mm/min	50 mm/min
Kedalaman potong	0,1 mm	0,2 mm	0,3 mm
Pendingin	Air	Coolant	Minyak goreng kemasan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Kekasaran Permukaan Dengan Menggunakan Cairan Pendingin Air, Coolant, Minyak Goreng

Hasil penelitian untuk melihat unjuk kerja cairan pendingin yang terdiri dari air, *coolant*, dan minyak goreng, dilakukan dengan melihat indikator kualitas produk, yaitu kekasaran permukaan dari produk hasil pemesinan milling CNC Router material aluminium Sheet 1100 seperti yang diperlihatkan pada Tabel 8. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Software Minitab 17 berdasarkan rancangan eksperimen yang dibuat dengan metode *Taguchi orthogonal-array* L9 (3^3). Yang memiliki 3 kolom dan 9 baris yang mampu digunakan untuk tiga buah variabel bebas yang masing-masing memiliki 3 level. Kemudian dilakukan perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari hasil percobaan berdasarkan parameter yang sudah di acak sesuai dengan program minitab 17 metode *taguchi* menggunakan *matrik orthogonal* L9 (3^3) dapat dilihat kekasaran permukaan terbesar terjadi pada parameter yang ke dua dengan gerak makan (f) 30 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1 mm, dan pendingin *coolant* terukur rata rata kekasaran permukaan 2,999 μm . disini dapat di artikan bahwa kedalaman potong dan gerak makan yang rendah dengan menggunakan coolant akan mengakibatkan tingkat rata rata kekasaran menjadi lebih besar. karena pada gerak makan yang rendah maka makin besar pula gesekan yang terjadi pada permukaan bidang benda kerja dan pahat sehingga dapat menimbulkan terjadinya BUE (*built-up-edge*), yang mana BUE memiliki kecendrungan terjadi pada kecepatan potong yang rendah dan benda kerja yang ulet yang dapat menyebabkan rendahnya permukaan kualitas permukaan yang dihasilkan (Kopac dkk, 1999). BUE terbentuk karena tidak adanya lapisan pelindung sehingga terjadi penumpukkan material benda kerja yang telah terpotong pada ujung pahat. Tumpukkan material ini akan mempengaruhi geometri pahat radius ujung (berubahnya geometri *nose radius*) sehingga akan berdampak pada profil permukaan yang dihasilkan pada saat proses pemotongan.

Tabel 5. Tabel Data Matrik Orthogonal L9 (3^3)

No	Parameter			Kekasaran permukaan RA (μm)
	Gerak Makan (f), mm/min	Kedalaman Potong (a), mm	Pendingin	
1	30	0,1	Air	2,084
2	30	0,2	Coolant	2,999
3	30	0,3	Minyak goreng kemasan	1,983
4	40	0,1	Coolant	1,432
5	40	0,2	Minyak goreng kemasan	1,937
6	40	0,3	air	2,333
7	50	0,1	Minyak goreng kemasan	1,399
8	50	0,2	Air	2,171
9	50	0,3	Coolant	2,371

Sedangkan kekasaran permukaan yang terkecil terjadi pada parameter ke tujuh dengan gerak makan (f) 50 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1 mm, dan pendingin minyak goreng terukur kekasaran permukaan 1,399 mm. dapat diartikan bahwa pendingin menggunakan minyak goreng dengan gerak makan yang besar dengan kedalaman potong yang rendah sangat efektif untuk mengurangi nilai dari rata-rata kekasaran permukaan, sehingga menyebabkan permukaan menjadi lebih halus. Ini dikarenakan pendingin dengan menggunakan minyak goreng mampu memperbaiki kekasaran permukaan dari produk yang dihasilkan dan juga menunjukkan kemampuan penurunan nilai kekasaran yang lebih baik dibandingkan dengan cairan pendingin lainnya. Diantara jenis cairan pendingin lainnya minyak goreng memiliki kemampuan untuk menghasilkan lapisan pelindung karena memiliki persentase lemak tak jenuh jenis *Stearic Acid* yang lebih tinggi (Gasni dkk, 2015).

4.2 Analisis Taguchi Design

Dibawah ini merupakan analisa kuantitatif menggunakan program Minitab 17 analisis desain taguchi. Untuk mengetahui faktor apa yang paling berpengaruh dan signifikan terhadap kekasaran permukaan dalam proses pemotongan bahan aluminium *sheet* 1100. Didalam analisis tersebut akan ditampilkan data hasil analisis taguchi berdasarkan kekasaran permukaan di setiap tahap percobaan. Dari perhitungan Minitab 17 didapat kan hasil S/N Rasio dapat di lihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel Data Hasil S/N Ratios

No	Parameter			Kekasaran permukaan RA(mm)	S/N Ratios
	Gerak Makan (f), mm/min	Kedalaman Potong (a), mm	Pendingin		
1	30	0,1	Air	2,084	-6,37795
2	30	0,2	Coolant	2,990	-5,94645
3	30	0,3	Minyak goreng kemasan	1,983	-5,94645
4	40	0,1	Coolant	1,432	-3,11886
5	40	0,2	Minyak goreng kemasan	1,937	-5,74259
6	40	0,3	Air	2,333	-7,35829
7	50	0,1	Minyak goreng kemasan	1,399	-2,34635
8	50	0,2	Air	2,171	-6,73320
9	50	0,3	Coolant	2,371	-7,49863

Perhitungan nilai rasio S/N tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari respon. Respon kekasaran permukaan memiliki karakteristik kualitas semakin kecil semakin baik. Rasio S/N dari respon kekasaran permukaan tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan. Contoh perhitungan rasio S/N dari kekasaran permukaan untuk kombinasi setting faktor pertama dengan karakteristik kualitas semakin kecil semakin baik adalah sebagai berikut:

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right] \quad (2)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{1} (2,084^2) \right]$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log [(4,343056)]$$

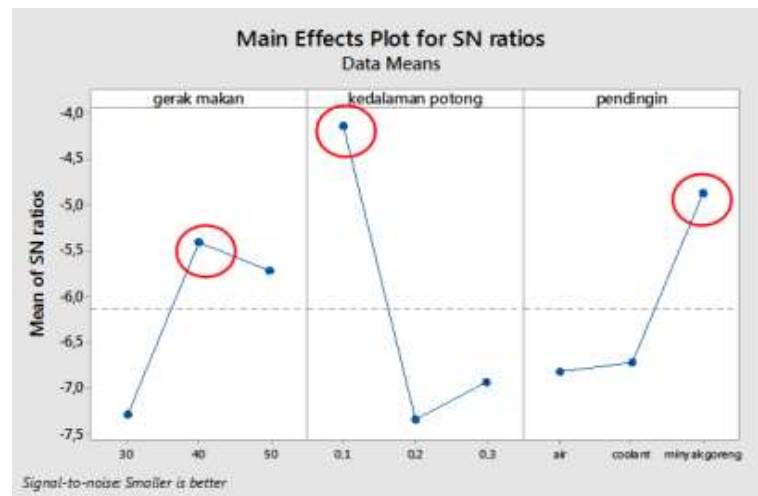
$$\frac{S}{N} = -6,37795$$

4.3 Faktor-Faktor Penyebab Perubahan Nilai Kekasaran Permukaan Akibat Penggunaan 3 Jenis Cairan Pendingin Air, Coolant, Dan Minyak Goreng

Pada sub-bab 4.1 diketahui bahwa pada gerak makan (f) 50 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1 mm, dan pendingin minyak goreng terukur kekasaran permukaan 1,399 mm. Ini berarti minyak goreng memiliki peranan yang berarti untuk mengurangi nilai kekasaran permukaan dari proses milling CNC router. Hal ini ditenggarai karena minyak goreng memiliki persentase kandungan *Steric Acid* yang lebih tinggi dibandingkan dengan air, dan coolant.

Akan tetapi kondisi optimum yang didapat dengan mempergunakan analisis *signal to noise ratio* (S/N Ratio) “small is better” terhadap rancangan percobaan metode taguchi L-9 menunjukkan kondisi yang berbeda. Untuk rentang gerak makan (f) sampai dengan 40 mm/min, kedalaman potong (a) sampai dengan 0,1 mm, penggunaan cairan pendingin hasil minyak goreng mampu memberikan tingkat nilai kekasaran yang rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. hasil ini didapat dengan mengkombinasikan gerak makan 40 mm/min, kedalaman potong 0,3 mm. kondisi pemotongan ini adalah kondisi pemotongan yang baik diantara rentang kombinasi parameter pemotongan yang diamati dalam tingkat kekasaran permukaan.

Berdasarkan data hasil rata-rata S/N rasio didapat Gambar grafik respon S/N dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Respon S/N

Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 9. berdasarkan hasil analisa S/N ratios yang memberikan kemiringan kurva pengaruh yang besar secara berturut-turut adalah gerak makan, kedalaman potong, dan cairan pendingin. Akan tetapi berdasarkan hasil analisa statistik *Analysis of variance* (ANOVA) hanya kedalaman potong yang memiliki pengaruh berarti terhadap tinggi atau rendahnya nilai kekasaran permukaan benda kerja.

Adapun yang menyebabkan kedalaman potong yang memiliki pengaruh berarti pada penelitian ini adalah disebabkan oleh perbedaan dari variasi tingkat kedalaman potong 0,1 mm, 0,2 mm dan 0,3 mm. Dari parameter inilah yang menyebabkan kedalaman potong memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan.

4.4 Analysis of Varian (ANOVA)

Analysis of Varian (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh secara signifikan. Dengan menggunakan *Software* Minitab 17 hasil ANOVA respon kekasaran permukaan dengan factor gerak makan, kedalaman potong dan pendingin. Maka dihasilkan data yang tampak pada Tabel 7.

Tabel 7. *Analysis Of Varian* (ANOVA)

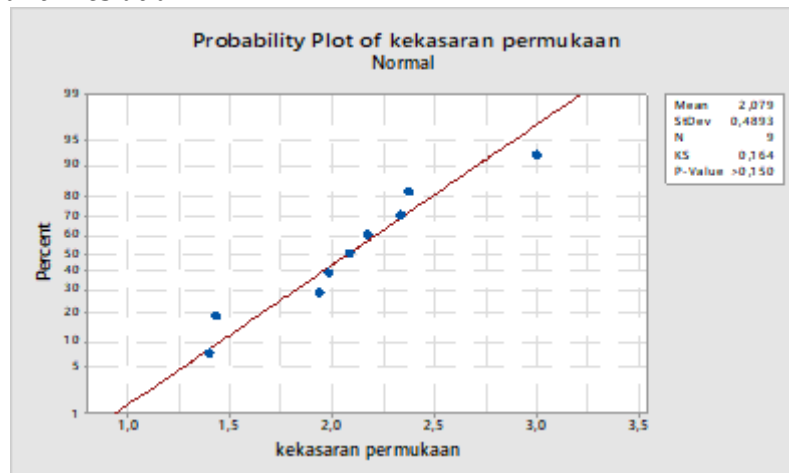
No	Source	Df	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
1	Gerak makan (<i>f</i>)	2	0,3537	0,1768	1,53	0,0395
2	Kedalaman potong (<i>a</i>)	2	0,9024	0,4512	3,91	0,0204
3	Pendingin	2	0,4284	0,2142	1,86	0,0350
4	Error	2	0,2306	0,1153		
5	Total	8	1,9151			

Pada Tabel 7 dimana hasil pengolahan data menggunakan program Minitab 17, pada kolom terakhir muncul huruf P. Itu merupakan satuan atau simbol dari nilai probabilitas (P-value), itu adalah faktor yang mempengaruhi terjadinya kekasaran pada permukaan benda kerja. Dalam penelitian ini mengandung arti bahwa hipotesis yang telah terbukti pada sampel dapat diperlakukan pada populasi. Tingkat signifikansi 5% atau 0,050 artinya kita mengambil resiko kesalahan dalam mengambil keputusan untuk menolak hipotesis yang benar sebanyak-banyaknya 5% dan dalam mengambil keputusan sedikitnya 95% tingkat kepercayaan (Ibrahim dkk, 2017).

Dalam penelitian ini nilai P-value, nilai P untuk kedalaman potong (*a*) adalah 0,0204. Dari data tersebut menyatakan bahwa tidak ada faktor yang signifikan dalam tingkat kekasaran permukaan, namun data tersebut menyatakan bahwa kedalaman potong merupakan faktor yang

paling berkontribusi dalam tingkat kekasaran permukaan, hal tersebut dapat dilihat dari nilai P-value yang dihasilkan lebih kecil dari ketiga faktor tersebut.

4.5 Uji Normaliti Residual



Gambar 10. grafik uji kenormalan kekasaran permukaan

Berdasarkan gambar 10 diatas, dapat disimpulkan bahwa uji untuk *Normality Residual* kekasaran permukaan telah terpenuhi dan valid karena pada gambar diatas menunjukkan pendistribusian plot terlihat normal karena mengikuti garis lurus dan tidak menunjukkan pola tertentu, sehingga nilai residual bersifat homogen.

5. KESIMPULAN

kekasaran permukaan terbesar terjadi pada parameter yang ke dua dengan gerak makan (f) 30 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1 mm, dan pendingin *coolant* terukur rata rata kekasaran permukaan 2,999 μm . Pada pengujian yang dilakukan dengan metode taguchi, analisis *signal to noise ratio* (S/N Ratio) “*small is better*” terhadap rancangan percobaan metode taguchi L-9. Untuk gerak makan (f) 40 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1mm, penggunaan cairan pendingin hasil minyak goreng mampu memberikan tingkat nilai kekasaran yang rendah. Dari hasil analisis of varian (ANOVA) menyatakan bahwa tidak ada faktor yang signifikan dalam tingkat kekasaran permukaan, namun data tersebut menyatakan bahwa kedalaman potong merupakan faktor yang paling berkontribusi dalam tingkat kekasaran permukaan, hal tersebut dapat dilihat dari nilai P-value yang dihasilkan lebih kecil dari ketiga faktor tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Azhar Arsyad. 2014. Media Pembelajaran. Jakarta. PT. Raja Grafindo Persada.
- D. Gasni, I. H. Mulyadi, dan jon Affi, 2015. Comparison of physical and tribological properties of coconut oils extracted from dry and wet processing. Proceedings of malaysian international tribology conference 2015, pp. 217-219, Malaysia. November 2015
- Doni, A.R. 2015. Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Paduan Magnesium AZ31 Yang dibubut Menggunakan Pahat Potong Berputar. Tugas Akhir. Universitas Lampung.
- I. Korkut, M. Kasap, I. Ciftci, U. Seker, 2004. Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austentic stainlees steel. Materials and design. 25. 303-305.
- Ibrahim. Y.G, Lopian. S.L.H.V. Joyce, Mandagie. Yunita. 2017. Analisis Costumer Relationship Menagement dan Kepuasan Pelanggan Terhadap Loyalitas Pelanggan PT. Pegadaian (Persero) Cabang Karombasan Manado. Jurnal EMBA Vol. 5 No. 3 September 2017.

Irawan, Yudi Surya., 2008, Material Teknik.

Kopac J, dan Bahor M., 1999. Interaction of the technology histoey of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness product. J Mater process technoll. 92-93. 381-7

M.A. E1 Baradie, 1996. Cutting Fluids: Part 1. Characterisation. Journal of Materials Processing Technology. 56, 786-797.

Munadi, S. 1998. Dasar-Dasar Metrologi Industri. Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.

Ross, Philip J. Taguchi Techniques for Quality Engineering, Mc Graw-Hill 2nd ed., New york, 1996.