

Analisa Variasi Jenis *Coolant* yang Berbeda Terhadap Kenaikan *Temperature* dalam Proses Pembubutan Baja ST 37

Ashari*¹
Bambang Dwi Haripriadi²

^{1,2} Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: ashari42@gmail.com¹, bambang@polbeng.ac.id²

Abstrak

Dalam proses penyayatan logam/proses permesinan, gesekan yang terjadi diantara mata pahat dan material kerja/benda kerja akan menimbulkan suatu kenaikan temperatur panas yang tinggi, diakibatkan oleh proses penyayatan yang terjadi. Dengan terjadinya temperature yang tinggi karena di akibat tekanan yang besar oleh gaya penyayatan maka permukaan mata pahat akan mengalami penurunan ketajaman atau keausan maupun kerusakan pada mata pahat. Metode yang digunakan dalam analisa ini ialah monitoring kenaikan temperatur suhu material benda kerja dan pahat di saat melakukan kegiatan pembubutan, serta melakukan pengamatan dan analisa kecepatan fluida terhadap temperatur pada benda kerja. Pada proses pembubutan material baja ST 37 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur yang paling signifikan terjadi pada proses pembubutan material ST 37 dengan jenis coolant Ethylene, kedalaman pemakanan 1,5 mm serta gerak makan 0,19 mm/put menghasilkan data rata-rata temperatur 179,1°C yang mana kenaikan temperatur yang signifikan dapat mempengaruhi umur pakai pahat bubut, pemilihan jenis pendingin dapat mempengaruhi secara signifikan terhadap temperatur pemesian saat proses manufaktur, dan dapat mempengaruhi umur pakai pahat bubut. Penggunaan coolant jenis ethylene, pada level parameter: vc 755 mm/min dan Ap: 1,5 mm tidak efektif dalam menurunkan suhu material selama proses pembubutan material ST37 2. Pada penggunaan jenis coolant VCO (virgin coconut oil) mendapatkan nilai efektivitas yang bagus dalam menurunkan temperature material selama pembubutan dan direkomendasikan

Kata kunci: Coolant, Temperature, Material ST37, Pembubutan

Abstract

In the metal cutting process/machining process, the friction that occurs between the chisel blade and the work material/workpiece will cause a high heat temperature increase, caused by the cutting process which occurs. The high temperature occurs due to the large pressure caused by the cutting force on the surface. The chisel blade will experience a decrease in sharpness or wear or damage to the chisel blade. The method used in this analysis is monitoring the temperature increase of the workpiece material and the chisel when carrying out turning activities, as well as observing and analyzing fluid velocity against the temperature of the workpiece. in the turning process of ST 37 steel material, it shows that the most significant increase in temperature occurred in the turning process of ST 37 material with Ethylene coolant type, a feed depth of 1.5 mm and a feed motion of 0.19 mm/put resulting in average temperature data of 179.1 °C where a significant increase in temperature can affect the service life of lathe tools, the choice of coolant type can significantly influence the machining temperature during the manufacturing process, and can affect the service life of lathe tools. the use of ethylene type coolant, at the parameter level: vc 755 mm/min and ap: 1.5 mm is not effective in reducing material temperature during the ST37 material turning process 2. When using the VCO (virgin type of coolant coconut oil) gets a good effectiveness score in reducing material temperature during turning and is recommended as a type of coolant that is suitable for the turning process of ST37 steel material.

Keywords: Coolant, Temperature, Material ST37, Turning

PENDAHULUAN

Mesin bubut, yang dikenal dalam bahasa Inggris sebagai *lathe machine*, adalah alat perkakas yang berfungsi untuk proses pemesian dengan memutar benda kerja pada sumbu rotasi yang dikekang oleh cekam (chuck). Proses penyayatan dilakukan dengan memanfaatkan mata pahat tajam yang didekatkan ke benda kerja yang berputar, sehingga terjadilah penyayatan akibat rotasi spindle mesin. Mesin bubut memiliki berbagai fungsi penting, termasuk pengaplasan, knurling, pengeboran, dan pembubutan muka. Fungsinya adalah untuk membentuk benda kerja menjadi simetris dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Untuk mendukung

proses ini, mesin bubut dilengkapi dengan sistem pendingin, atau coolant, yang berfungsi untuk mendinginkan mata pahat serta benda kerja selama pemesinan.

Dalam proses pemesinan logam, gesekan antara mata pahat dan material kerja menghasilkan panas yang tinggi, yang dapat menyebabkan penurunan ketajaman mata pahat, keausan, atau bahkan kerusakan. Oleh karena itu, penggunaan cairan coolant yang tepat sangat penting untuk mengelola suhu yang timbul selama proses penyayatan. Coolant tidak hanya berfungsi sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan, tetapi juga membantu mendinginkan dan membuang geram dari area pemesinan. Selain itu, coolant melindungi permukaan benda kerja dari korosi dan memudahkan pengambilan benda kerja setelah proses pemesinan.

Jenis coolant yang digunakan dapat mempengaruhi hasil pemesinan secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana variasi jenis fluida pendingin—air, ethylene, dan *virgin coconut oil (VCO)*—mempengaruhi temperatur material baja ST 37 selama proses pembubutan. Penelitian sebelumnya oleh Nurlaila et al. (2023) telah mengevaluasi pengaruh viskositas dari dua jenis coolant, yaitu air dan oil, terhadap temperatur material. Penelitian ini akan memperluas pemahaman mengenai dampak dari tiga jenis coolant yang berbeda pada suhu material dan umur pakai pahat bubut.

Penting untuk mengetahui bagaimana jenis coolant mempengaruhi kenaikan suhu material, karena suhu yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas dan efisiensi pemesinan. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada pahat dan material, serta menurunkan kualitas produk akhir. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menganalisis dampak suhu dari berbagai jenis coolant, tetapi juga untuk memberikan rekomendasi tentang pilihan fluida pendingin yang paling efektif. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi proses pemesinan, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam industri manufaktur dan teknik mesin.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung B Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis. Untuk melaksanakan penelitian ini, berbagai peralatan digunakan untuk memastikan keakuratan dan efisiensi proses pembubutan. Peralatan tersebut meliputi stopwatch untuk mengukur durasi dan waktu selama proses pemesinan; pahat bubut HSS, yang berfungsi untuk melakukan pemotongan pada benda kerja; dan mesin bubut Krisbow, yang digunakan untuk menguji pemotongan serta kecepatan aliran coolant. *Thermogun* digunakan untuk mendeteksi dan menampilkan perubahan suhu selama pemesinan melalui layar LCD. Selain itu, mistar baja digunakan untuk mengukur panjang dan diameter benda kerja dengan tepat.



Gambar 1. Mesin Bubut
Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST 37, yang akan dibubut dan dimonitor suhunya. Baja ST 37 memiliki komposisi karbon, silikon, mangan, sulfur, dan fosfor yang telah ditentukan. Pahat bubut yang digunakan adalah jenis High Speed Steel (HSS) dengan spesifikasi kecepatan potong antara 30 m/min hingga 50 m/min. Jenis coolant yang diuji meliputi *Virgin Coconut Oil (VCO)*, *ethylene*, dan air, masing-masing dengan viskositas yang berbeda. *Coolant ethylene* adalah cairan pendingin berbasis minyak mineral, sedangkan VCO adalah minyak kelapa yang diekstrak dari kelapa.

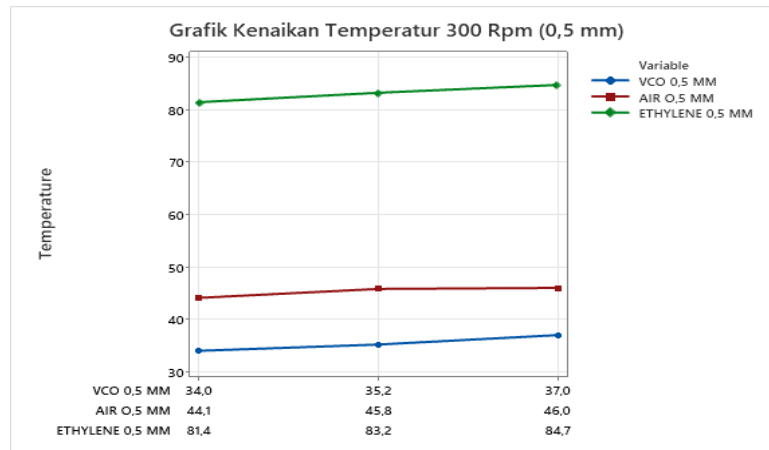
Variabel-variabel yang diuji dalam penelitian ini meliputi kecepatan gerak makan (f), kecepatan potong (V_c), kedalaman potong (A_p), dan jenis coolant. Variabel-variabel ini ditentukan berdasarkan spesifikasi pahat potong dan dibagi menjadi dua tingkatan: tinggi dan rendah. Parameter penelitian terdiri dari kecepatan gerak makan pada tingkat 300 mm/min, 460 mm/min, dan 755 mm/min; kedalaman potong pada tingkat 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm; serta jenis coolant yang digunakan yaitu air, *ethylene*, dan VCO.

Penelitian ini menyertakan kombinasi berbagai level parameter untuk membandingkan pengaruhnya terhadap kenaikan suhu pada benda kerja dan pahat. Kombinasi parameter yang digunakan disusun dalam tabel yang mencakup kecepatan gerak makan, kedalaman potong, dan jenis coolant yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan memastikan setiap level parameter diterapkan secara konsisten untuk setiap jenis coolant yang digunakan, guna memperoleh hasil yang komprehensif mengenai pengaruh coolant terhadap suhu pemesinan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Kenaikan *Temperature*

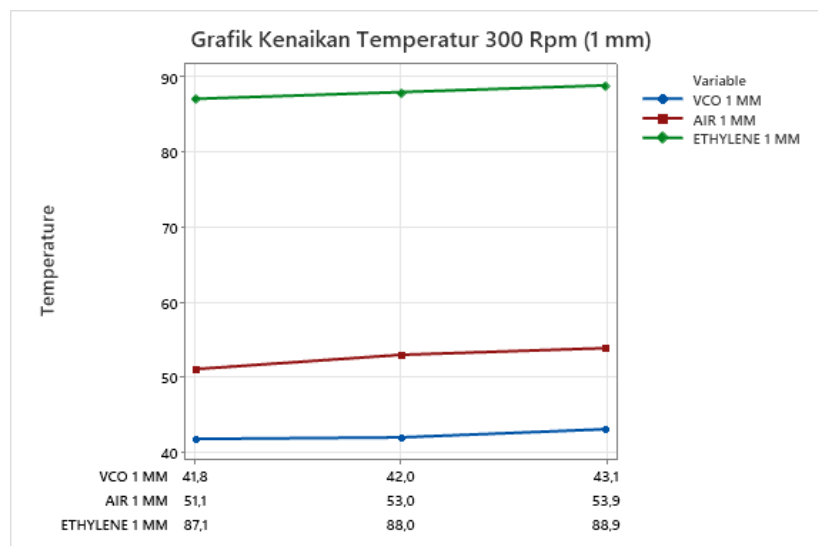
Temperatur pemotongan adalah data krusial dalam proses pemesinan logam. Laju kenaikan temperatur yang tinggi dapat memperpendek umur pahat dan menjadikan proses pemesinan tidak ekonomis. Untuk mengantisipasi hal ini, temperatur pada area kontak antara pahat dan benda kerja diprediksi melalui simulasi pemotongan. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur pada pahat dan benda kerja, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan proses pemesinan. Penelitian ini memaparkan simulasi proses pemotongan mekanik pada baja ST 37 menggunakan pahat HSS sebagai material.



Gambar 2. Grafik Kenaikan Temperatur 300 Rpm (0,5mm)

Dengan kecepatan putaran spindle sebesar 300 RPM dan kedalaman pemakanan 0,5 mm, pengukuran temperatur dilakukan sebanyak tiga kali dalam tiga proses pembubutan yang berulang. Hasilnya menunjukkan bahwa coolant jenis Ethylene menghasilkan temperatur rata-rata tertinggi, yakni 83,1°C, sedangkan coolant jenis Virgin Coconut Oil (VCO) menghasilkan temperatur rata-rata terendah, yakni 35,4°C.

Hasil ini menunjukkan bahwa *Ethylene*, sebagai coolant, menghasilkan temperatur pemotongan yang lebih tinggi dibandingkan dengan VCO. Hal ini bisa disebabkan oleh viskositas Ethylene yang lebih rendah, yang mungkin kurang efektif dalam mengurangi gesekan dan panas pada area pemotongan. Sebaliknya, VCO, dengan viskositas yang lebih tinggi, mungkin memberikan pelumasan yang lebih baik, sehingga lebih efektif dalam menurunkan temperatur. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis coolant yang tepat sangat penting untuk mengontrol suhu dan meningkatkan efisiensi proses pemesinan.

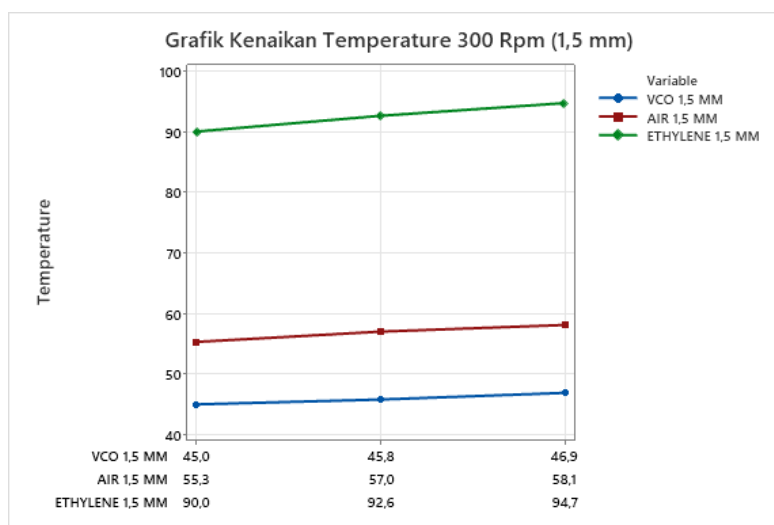


Gambar 3. Grafik Kenaikan Temperatur 300 Rpm (1 mm)

Dengan menggunakan kecepatan putaran spindle sebesar 300 RPM dan kedalaman pemakanan 1 mm, pengukuran kenaikan temperatur dilakukan sebanyak tiga kali selama proses pembubutan yang diulang. Hasilnya menunjukkan bahwa coolant jenis *ethylene* menghasilkan

suhu rata-rata tertinggi yaitu 88°C, sedangkan coolant jenis Virgin Coconut Oil (VCO) menghasilkan suhu rata-rata terendah sebesar 42,3°C.

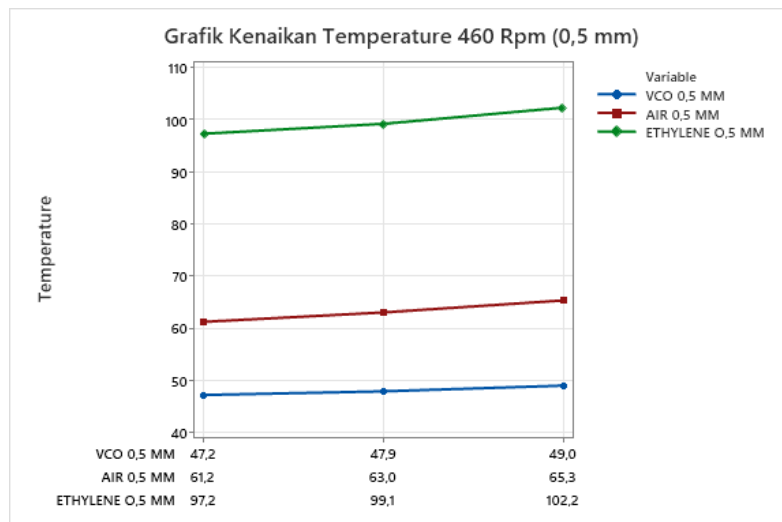
Perbedaan suhu ini menunjukkan bahwa efisiensi pendinginan dari berbagai jenis coolant sangat bervariasi. Coolant ethylene, meskipun umumnya dikenal memiliki sifat pelumasan yang baik, mungkin kurang efektif dalam menurunkan suhu dibandingkan dengan VCO. Sebaliknya, VCO, yang merupakan cairan berbasis tumbuhan, menunjukkan performa pendinginan yang lebih baik, dengan suhu yang jauh lebih rendah. Hal ini bisa disebabkan oleh kemampuan VCO dalam menyerap dan menghilangkan panas yang lebih baik dibandingkan ethylene. Efektivitas VCO dalam menurunkan suhu juga dapat mengindikasikan potensi peningkatan umur pahat dan efisiensi proses pemesinan. Penelitian ini menunjukkan pentingnya pemilihan coolant yang tepat untuk mengoptimalkan proses pemesinan dan mengurangi risiko kerusakan pada alat serta benda kerja.



Gambar 4. Grafik Kenaikan Temperatur 300 Rpm (1,5 mm)

Mengacu pada grafik di atas, kecepatan putaran spindle yang digunakan adalah 300 RPM dengan kedalaman pemakanan 1,5 mm, dan pengukuran kenaikan temperatur dilakukan sebanyak tiga kali dalam tiga siklus pembubutan berulang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa coolant jenis ethylene menghasilkan suhu rata-rata tertinggi, yaitu 92,43 °C, sementara coolant jenis VCO memberikan suhu rata-rata terendah, yaitu 45,9 °C.

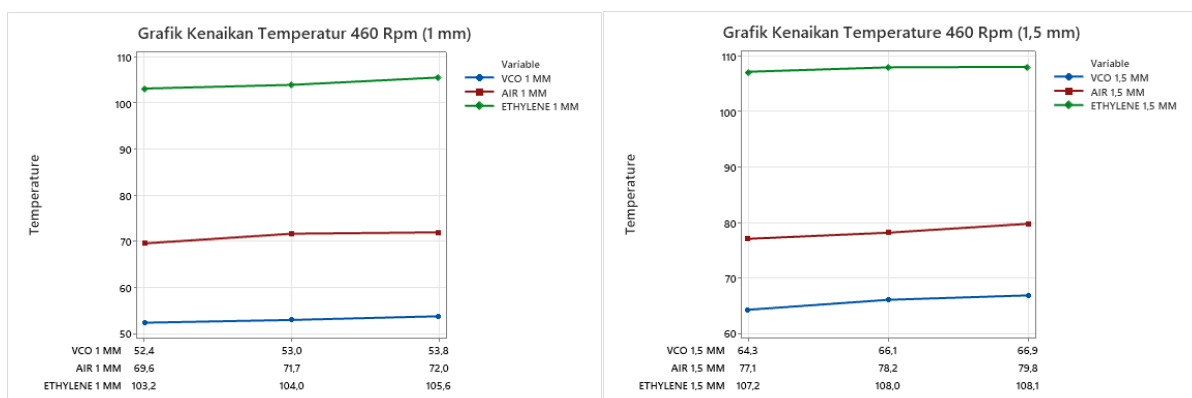
Perbedaan suhu yang signifikan antara coolant ethylene dan VCO menunjukkan pengaruh besar dari jenis coolant terhadap pengendalian temperatur selama proses pemotongan. Ethylene, dengan suhu rata-rata tertinggi, mungkin kurang efektif dalam mengurangi temperatur dibandingkan dengan VCO. Sebaliknya, VCO menunjukkan kemampuan lebih baik dalam mendinginkan area pemotongan, yang mungkin disebabkan oleh viskositas dan sifat pelumasannya yang superior. Penurunan suhu yang lebih besar pada coolant VCO dapat mengarah pada umur pahat yang lebih panjang dan hasil pemesinan yang lebih baik, karena suhu yang lebih rendah mengurangi risiko keausan pahat dan meningkatkan kualitas permukaan benda kerja.



Gambar 5. Grafik Kenaikan Temperatur 460 Rpm (0,5 mm)

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, dengan kecepatan putaran spindle sebesar 460 RPM dan kedalaman pemakanan 0,5 mm, dilakukan pengukuran temperatur sebanyak tiga kali selama tiga proses pembubutan berulang. Hasil rata-rata menunjukkan bahwa coolant jenis ethylene menghasilkan temperatur tertinggi dengan nilai 99,5 °C, sementara coolant jenis VCO menghasilkan temperatur terendah sebesar 48,03 °C.

Hasil ini menunjukkan perbedaan signifikan dalam efektivitas pendinginan antara berbagai jenis coolant. Coolant ethylene, dengan temperatur rata-rata tertinggi, mungkin kurang efisien dalam menurunkan suhu selama proses pembubutan dibandingkan VCO. Sebaliknya, VCO, yang menghasilkan temperatur terendah, menunjukkan kemampuannya yang lebih baik dalam mengurangi panas yang timbul selama proses pemotongan. Ini menunjukkan bahwa VCO dapat lebih efektif dalam menjaga suhu agar tetap rendah, yang dapat memperpanjang umur pahat dan meningkatkan efisiensi proses pemesinan. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh perbedaan viskositas dan kemampuan masing-masing coolant dalam menyerap dan mengalihkan panas dari area pemotongan.

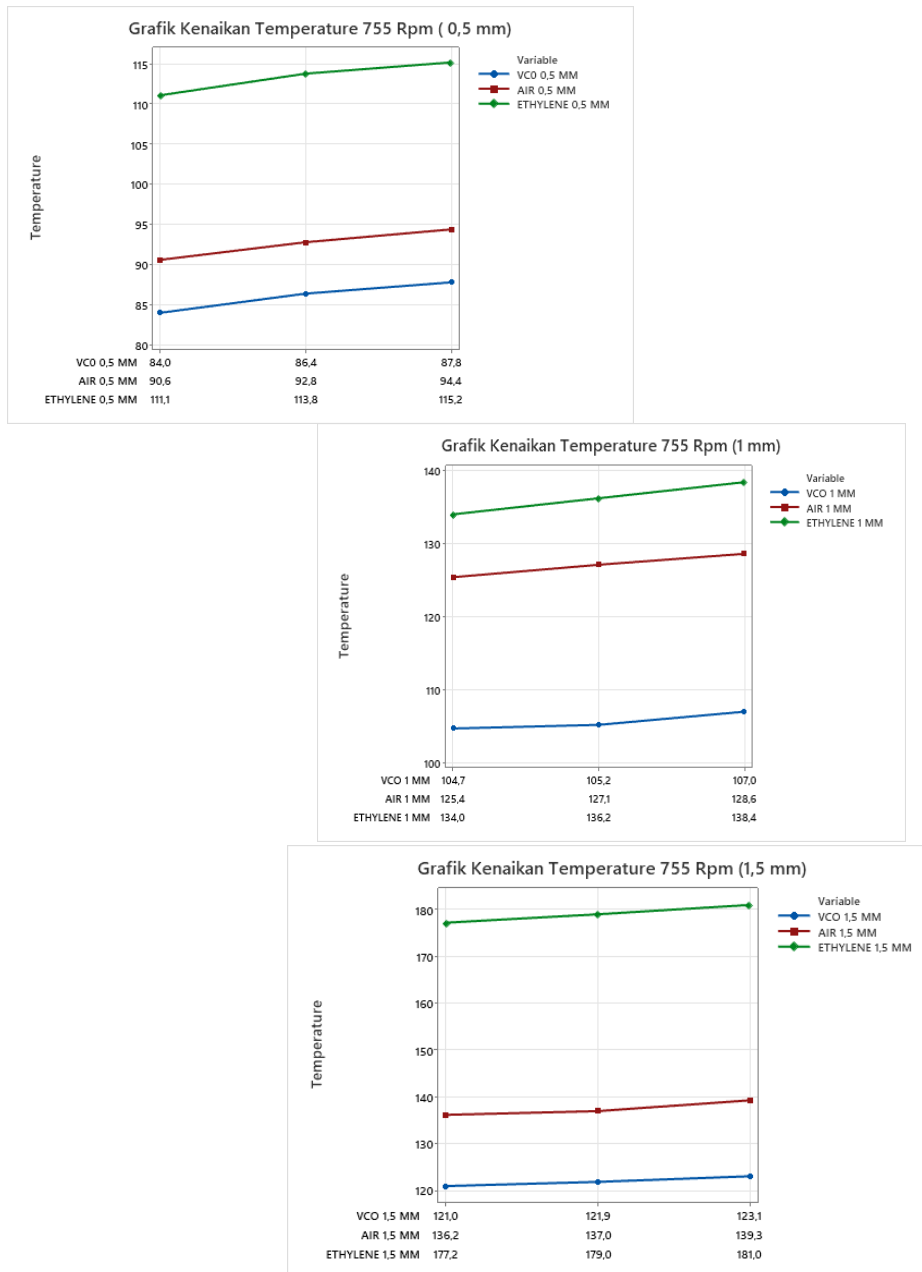


Gambar 6. Grafik kenaikan Temperatur 460 Rpm (1 mm dan 1,5 mm)

Melalui kecepatan putaran spindle 460 RPM dan kedalaman pemakanan 1 mm, dilakukan pengukuran temperatur sebanyak tiga kali selama tiga proses pembubutan berulang. Hasilnya menunjukkan bahwa coolant ethylene menghasilkan temperatur rata-rata tertinggi sebesar 104,26 °C, sedangkan coolant jenis VCO menghasilkan temperatur terendah sebesar 52,8 °C. Pada

kecepatan putaran spindle yang sama tetapi dengan kedalaman pemakanan 1,5 mm, temperatur rata-rata tertinggi yang dicatat untuk coolant ethylene mencapai 107,76 °C, sedangkan coolant VCO mencatat temperatur rata-rata terendah sebesar 65,76 °C.

Data ini menunjukkan bahwa meskipun kecepatan putaran spindle tetap sama, kedalaman pemakanan mempengaruhi hasil suhu yang tercatat. Coolant ethylene secara konsisten menunjukkan temperatur tertinggi, yang mengindikasikan bahwa coolant ini kurang efisien dalam mengatasi kenaikan suhu selama proses pemesinan dibandingkan dengan coolant VCO. VCO, yang menunjukkan temperatur yang lebih rendah pada kedua kedalaman pemakanan, terbukti lebih efektif dalam mengontrol suhu selama pembubutan. Peningkatan kedalaman pemakanan tampaknya meningkatkan suhu secara signifikan, terutama pada coolant ethylene, yang mungkin menunjukkan bahwa coolant ini tidak cukup baik dalam menghilangkan panas yang dihasilkan. Sebaliknya, VCO lebih baik dalam menurunkan suhu dan mengurangi efek panas pada pahat dan benda kerja, yang dapat memperpanjang umur pahat dan meningkatkan kualitas pemesinan.



Gambar 7. Grafik Kenaikan Temperatur 755 Rpm (0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm)

Merujuk pada sajian 3 grafik di atas, dapat dilihat bahwa pada kecepatan putaran spindle 755 RPM dan kedalaman pemakanan 0,5 mm, pengukuran temperatur dilakukan sebanyak tiga kali selama tiga proses pembubutan berulang. Hasilnya menunjukkan bahwa coolant ethylene menghasilkan temperatur rata-rata tertinggi sebesar 113,16 °C, sementara coolant VCO mencatat temperatur rata-rata terendah sebesar 86,06 °C. Dengan kecepatan spindle yang sama tetapi kedalaman pemakanan 1 mm, temperatur rata-rata tertinggi untuk coolant ethylene meningkat menjadi 136,02 °C, sedangkan coolant VCO mencatat temperatur rata-rata terendah sebesar 105,63 °C. Pada kedalaman pemakanan 1,5 mm, dengan kecepatan spindle tetap 755 RPM, temperatur rata-rata tertinggi yang dicatat untuk coolant ethylene mencapai 179,01 °C, sementara coolant VCO mencatat temperatur rata-rata terendah sebesar 122 °C.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan secara signifikan mempengaruhi kenaikan suhu selama proses pembubutan. Coolant ethylene, meskipun menunjukkan temperatur tertinggi pada semua parameter, semakin kurang efisien dalam mengendalikan suhu seiring dengan peningkatan kedalaman pemakanan. Pada kedalaman pemakanan yang lebih tinggi, *coolant ethylene* menghasilkan suhu yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan coolant VCO. Ini menunjukkan bahwa coolant ethylene tidak mampu mengatasi kenaikan suhu dengan efektif, yang dapat berdampak negatif pada umur pahat dan kualitas hasil pemesinan. Sebaliknya, coolant VCO, yang mencatat temperatur lebih rendah pada semua kondisi pengujian, lebih efektif dalam mengendalikan suhu dan menjaga kestabilan proses pemesinan, terutama pada kedalaman pemakanan yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa coolant VCO dapat menjadi pilihan yang lebih baik untuk aplikasi yang membutuhkan kontrol suhu yang lebih baik selama proses pemesinan, membantu mengurangi risiko kerusakan pada pahat dan meningkatkan kualitas pemesinan secara keseluruhan.

Perbandingan Kenaikan Temperature dengan Menggunakan Cairan Pendingin/Coolant VCO, Air, dan Ethylene

Penelitian mengenai kenaikan temperatur dimulai dengan kajian literatur untuk menentukan bahan dan alat yang diperlukan. Setelah memperoleh studi literatur, dilakukan perancangan eksperimen, termasuk pemilihan diameter mata pahat end mill HSS, jenis cairan pendingin, dan parameter eksperimen. Proses pemesinan dilakukan dengan memasang pahat end mill HSS pada motor spindle dan material ST 37 pada mesin bubut konvensional, serta pemberian cairan pendingin secara manual menggunakan botol. Data hasil eksperimen diukur dengan surface roughness tester dan dianalisis berdasarkan jenis cairan pendingin yang digunakan.

Cairan pendingin berfungsi untuk melumasi pemotongan, mendinginkan benda kerja, membuang geram, dan memudahkan pengambilan benda kerja. Perbedaan viskositas kinematik antara tiga jenis cairan pendingin (air, VCO, dan Ethylene) mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pemesinan. Cairan pendingin yang efektif dapat memperpanjang umur pahat, meningkatkan kekasaran permukaan, keakuratan dimensi, dan mengurangi gaya pemotongan. Hasil penelitian dievaluasi menggunakan Software Minitab 17 dengan metode ANOVA untuk menilai unjuk kerja cairan pendingin berdasarkan kekasaran permukaan produk hasil pemesinan.

Tabel 1. Nilai Kekasaran Permukaan

No	Cs (Rpm)	Ap (mm)	Coolant	Rata rata Temp(°C)
1	300	0,5 mm	VCO	35,4
2	300	1 mm	VCO	42,3
3	300	1,5 mm	VCO	45,9
4	300	0,5 mm	AIR	45,3
5	300	1 mm	AIR	52,66
6	300	1,5 mm	AIR	56,8
7	300	0,5 mm	ETHYLENE	83,1
8	300	1 mm	ETHYLENE	88
9	300	1,5 mm	ETHYLENE	92,43
10	460	0,5 mm	VCO	48,03
11	460	1 mm	VCO	52,8
12	460	1,5 mm	VCO	65,76
13	460	0,5 mm	AIR	63,16

No	Cs (Rpm)	Ap (mm)	Coolant	Rata rata Temp(°C)
14	460	1 mm	AIR	71,1
15	460	1,5 mm	AIR	78,36
16	460	0,5 mm	ETHYLENE	99,5
17	460	1 mm	ETHYLENE	104,26
18	460	1,5 mm	ETHYLENE	107,76
19	755	0,5 mm	VCO	86,06
20	755	1 mm	VCO	105,63
21	755	1,5 mm	VCO	122
22	755	0,5 mm	AIR	92,6
23	755	1 mm	AIR	127,03
24	755	1,5 mm	AIR	137,5
25	755	0,5 mm	ETHYLENE	113,16
26	755	1 mm	ETHYLENE	136,2
27	755	1,5 mm	ETHYLENE	179,1

Nilai kenaikan temperatur pada proses pembubutan menunjukkan bahwa temperatur terendah tercatat pada penggunaan coolant VCO dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm, menghasilkan rata-rata temperatur pembubutan sebesar 86,06 °C. Sebaliknya, temperatur tertinggi tercatat pada penggunaan media pendingin Ethylene dengan kedalaman pemakanan 1,5 mm dan kecepatan potong 755 rpm, yang menghasilkan rata-rata temperatur sebesar 179,1 °C.

Hasil ini menunjukkan bahwa Ethylene, sebagai media pendingin, tidak dapat menurunkan temperatur seefektif VCO, terutama pada kedalaman pemakanan dan kecepatan potong yang lebih tinggi. Temperatur yang lebih tinggi pada penggunaan Ethylene bisa mengindikasikan bahwa fluida ini kurang efektif dalam mengatasi panas yang dihasilkan selama proses pembubutan pada kondisi tersebut. Sebaliknya, VCO lebih efektif dalam menjaga temperatur tetap rendah, yang dapat berkontribusi pada umur pahat yang lebih panjang dan hasil permukaan yang lebih baik. Perbedaan ini juga menggambarkan pengaruh signifikan dari jenis cairan pendingin terhadap efisiensi pemesinan dan kualitas hasil akhir.

One Way Anova

ANOVA satu arah digunakan dalam penelitian ini karena hanya terdapat satu variabel bebas, yaitu media pendingin. Metode ini dianalisis menggunakan Microsoft Excel pada sistem operasi Windows untuk mempermudah perhitungan, termasuk menghitung faktor koreksi dan nilai F. Perhitungan ANOVA dapat dilihat pada tabel berikut.

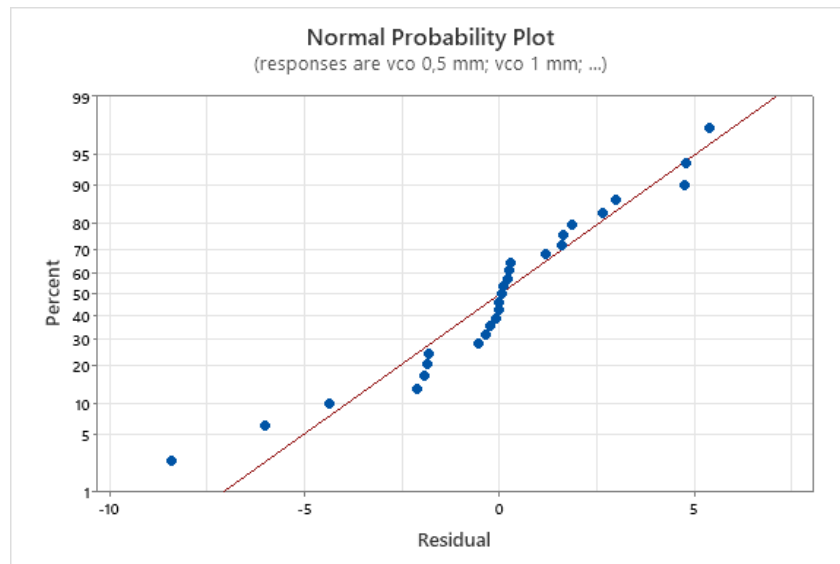
Tabel 2. Anova Single Factor

ANOVA						
Source	DF	SS	MS	F	P-value	contribution
VC	2	0.51	0.07	44.81	0.000019	38%
AP	2	0.34	0.29	17.31	0.002381	12%
Coolant	2	1.12	0,81	88.54	0,000001	48%
Error	7	0.02	0.01			2%
Total	15	2.21	1.63			100%

Berdasarkan tabel, faktor-faktor dalam proses pembubutan material ST 37 mempengaruhi secara signifikan ($P < 0,05$; 95% confidence level). Jenis coolant dan kecepatan potong (V_c) memberikan kontribusi besar terhadap kenaikan temperatur, masing-masing sebesar 48% dan 38%. Sebaliknya, kedalaman potong hanya berkontribusi sebesar 12%.

Uji Normalitas *One Way Anova*

Uji normalitas bertujuan memastikan bahwa residual dalam model regresi memiliki distribusi normal. Menurut Ghozali (2005), model regresi yang baik harus memiliki data yang normal atau mendekati normal. Pengujian normalitas dapat dilakukan dengan menggunakan grafik normal probability plot, yang membandingkan distribusi kumulatif data dengan distribusi normal. Jika titik data mengikuti garis diagonal yang membentuk distribusi normal, maka asumsi normalitas terpenuhi. Sebaliknya, jika titik data menyimpang dari garis diagonal, model regresi tidak memenuhi asumsi normalitas.



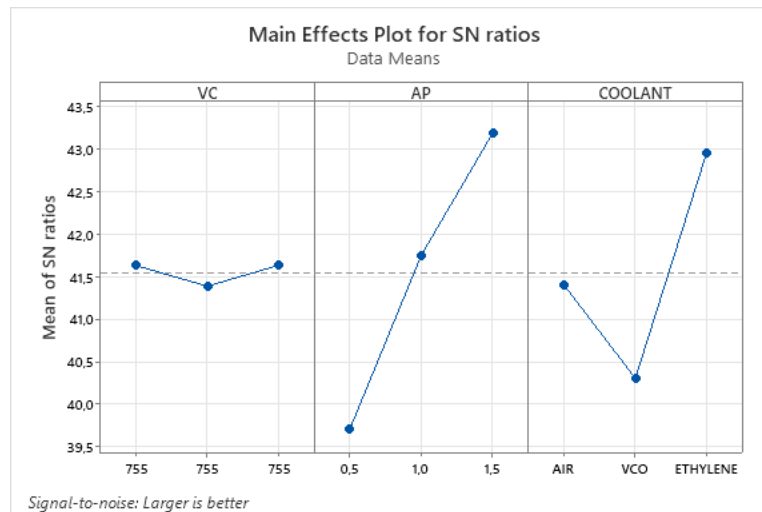
Gambar 8. Grafik *Normal Probability Plot*

Dari hasil uji normalitas, dapat disimpulkan bahwa data residual terdistribusi secara normal, karena nilai P-Value sebesar 0,117 ($> 0,05$) menunjukkan bahwa asumsi normalitas terpenuhi. Hal ini menandakan bahwa distribusi data jenis coolant mengikuti pola normal, sehingga analisis regresi yang dilakukan dapat dianggap valid. P-Value yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa tidak ada bukti yang cukup untuk menolak hipotesis nol tentang normalitas data. Dengan kata lain, data jenis coolant tidak menunjukkan penyimpangan signifikan dari distribusi normal, yang mendukung keakuratan model regresi dalam analisis ini.

Pembahasan Hasil Kenaikan Temperature Terhadap Umur Pakai Pahat Bubut

Hasil dari proses pembubutan material baja ST 37 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur yang paling signifikan terjadi saat menggunakan coolant Ethylene, khususnya pada kedalaman pemakanan 1,5 mm, dengan rata-rata temperatur mencapai 179,1°C. Kenaikan temperatur ini dapat mempengaruhi umur pakai pahat bubut secara signifikan. Pilihan jenis coolant memainkan peran penting dalam menentukan temperatur selama proses pemesinan, yang selanjutnya memengaruhi umur pakai pahat bubut.

Berdasarkan teori, faktor utama yang mempengaruhi peningkatan temperatur dalam proses pembubutan baja ST 37 adalah jenis coolant dan gerak makan (feed rate). Kemampuan pelumasan yang baik dari coolant, seperti VCO, berfungsi untuk mengurangi gesekan antara pahat dan geram. Namun, VCO hanya efektif pada kecepatan putaran spindle tertentu. Menurut Gasmi dkk. (2015), VCO dapat mempertahankan kemampuan pelumasan yang baik bahkan pada temperatur tinggi, sehingga penting untuk memilih coolant yang sesuai untuk menjaga performa pemesinan dan umur pahat bubut.



Gambar 9. Grafik SN Ratio

Berdasarkan sajian grafik di atas pada kecepatan potong standar 755 mm/min, VCO menunjukkan peran yang signifikan dalam mengurangi kenaikan temperatur permukaan selama proses pembubutan baja ST37. Ini karena VCO memiliki kemampuan pelumasan dan perlindungan permukaan yang lebih baik, berkat kandungan asam stearat yang tinggi dibandingkan dengan Air dan Ethylene. Namun, kondisi optimal yang ditentukan menggunakan rasio signal-to-noise (S/N Ratio) dengan metode Taguchi L-9 menunjukkan hasil yang berbeda. Pada rentang kecepatan potong hingga 755 mm/min dan kedalaman potong sampai 1,5 mm, Ethylene tidak berhasil memberikan temperatur yang rendah.

Grafik juga menunjukkan bahwa fungsi cairan pendingin mengalami perubahan selama proses pembubutan baja ST37. VCO, yang awalnya berfungsi sebagai pelumas, pendingin, dan pelindung, kini lebih efektif sebagai pelumas. Sementara Ethylene tidak dapat melumasi dan menurunkan suhu material dengan baik. Kemampuan pelumasan yang baik, seperti yang dimiliki VCO, bermanfaat untuk mengurangi gesekan antara permukaan material dan pahat bubut. Namun, VCO hanya bekerja optimal pada kondisi pemotongan moderat. Pada kecepatan potong yang lebih tinggi, kemampuan pelumasan VCO tidak cukup untuk mengatasi peningkatan suhu akibat gesekan antara pahat dan benda kerja. Sebaliknya, *Ethylene* menunjukkan rasio S/N tertinggi, menandakan kinerjanya yang lebih baik dalam mengontrol suhu. Kedalaman potong juga berpengaruh signifikan, dengan kedalaman 1,5 mm lebih efektif dibandingkan 1 mm. Pengaruh gerak makan dan kecepatan spindle terhadap rasio S/N relatif kecil. Metode "*Signal-to-noise: Larger is better*" menunjukkan bahwa nilai rasio S/N yang lebih tinggi dianggap lebih baik, seperti yang diperlihatkan pada plot dengan rata-rata rasio S/N untuk setiap level faktor yang diuji.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai pengaruh berbagai jenis coolant terhadap kenaikan temperatur pada proses pembubutan material ST 37 menggunakan pahat HSS, yang dianalisis melalui metode eksperimental dan perangkat lunak Minitab, menghasilkan beberapa kesimpulan. Penggunaan coolant jenis *Ethylene* pada kecepatan spindle 755 rpm dan kedalaman pemakanan 1,5 mm menghasilkan suhu rata-rata tertinggi sebesar 179,1°C. Sebaliknya, coolant VCO pada kecepatan spindle 300 rpm dan kedalaman pemakanan 0,5 mm menunjukkan suhu rata-rata yang jauh lebih rendah, yaitu 35,4°C. Temuan ini mengindikasikan bahwa *Ethylene* kurang efektif dalam menurunkan suhu material selama proses pembubutan dibandingkan dengan VCO, yang memiliki viskositas kinematik rendah, yaitu 2,13 mm²/s. Sementara itu, VCO (*Virgin Coconut Oil*) terbukti lebih efisien dalam mengurangi temperatur dibandingkan dengan Air dan *Ethylene*, sehingga direkomendasikan sebagai coolant yang lebih baik untuk proses pembubutan material baja ST 37.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfred, H., I Nyoman, G., & Rudy, P. (2016, Oktober). Pengaruh pemotongan dengan dan tanpa cairan pendingin terhadap daya potong pada proses turning. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 5(2). Universitas Sam Ratulangi.
- Angga Suhendi, Yoto, & Marsono. (2019, Desember). Pengaruh kecepatan spindle, kedalaman penyayatan, dan variasi campuran cairan pendingin terhadap keausan pahat insert karbida pada proses pembubutan. *Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran*, 2(2). Universitas Negeri Malang.
- Didi, S., Fenoria, P., & Romli. (2014, April). Pengaruh media pendingin dan kondisi pemotongan baja AISI 1045 terhadap kekasaran permukaan pada proses CNC milling. *Jurnal Austenit*, 6(1). Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Michael, J. R., Rudy, P., & I Nyoman, G. (2021, Juli). Pengaruh kecepatan aliran pendingin terhadap panas pemotongan pada pembubutan benda kerja silindris. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 9(2). Universitas Sam Ratulangi.
- Moseas Steven, L. G., Rudy, P., & Irvan, R. (2015, November). Pengaruh kecepatan potong terhadap temperatur pemotongan pada proses pembubutan. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 4(2). Universitas Sam Ratulangi.
- Nugroho, S., & Senoaji, H. K. (2010). Karakterisasi pahat bubut high speed steel (HSS) Boehler tipe molibdenum (M2) dan tipe cold work tool steel (A8). *Rotasi*, 12(3), 19-26.
- Pratama, H., & Rinaldi, M. (2018). Efektivitas cairan pendingin dalam menurunkan suhu pada proses pemotongan dengan pahat karbida. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 22(1), 45-53.
- Rohman, F., & Nurdin, A. (2021). Analisis performa cairan pendingin dalam proses pemesinan pada kecepatan tinggi. *Jurnal Mesin dan Material*, 23(1), 78-85.
- Sri Widiyawat, Oyong, N., Dwi, H. S., & Wisnu W. P. (2020). Pengaruh penggunaan cairan pendingin (coolant) terhadap keausan pahat bubut HSS. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(3). Universitas Brawijaya.
- Sutrisno, M. (2020). Pengaruh jenis cairan pendingin terhadap kenaikan suhu dan kualitas permukaan pada proses pembubutan baja karbon. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(2), 123-134