

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PROSES PERMESINAN BAJA KARBON RENDAH

Arif Rahman Hakim¹, Qomarotun Nurlaila², Zulfikri Iase³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam
Jl. Pahlawan No.99, Bukit Tempayan, Kec. Batu Aji. Kota Batam, Kepulauan Riau.29425
Email: arhakim88@yahoo.com; laila@ft.unrika.ac.id; zulfikrilase83@gmail.com

Abstrak

Permesinan dilakukan untuk membentuk benda kerja sesuai dengan desain. Pengerjaan permesinan meliputi boring, drilling, pembubutan, dan frais. Permesinan juga dilakukan untuk memperbaiki bagian elemen mesin yang mengalami kerusakan atau keausan. Sebelum dilakukan permesinan terkadang material mengalami perlakuan panas. Dalam studi ini akan dipelajari bagaimana pengaruh perlakuan panas *quenching* pada baja karbon rendah dengan suhu yang bervariasi. Perlakuan panas dilakukan dengan memanaskan benda uji dengan variasi suhu (300°C, 350°C, 450°C, 550 °C, dan 750 °C), dengan waktu tahan 5 menit kemudian didinginkan secara lambat dan pendinginan cepat serta menggunakan udara dan air tawar. Studi ini memperlihatkan bahwa Perlakuan panas pada baja karbon rendah mempengaruhi laju permesinan (*drilling*). Perbandingan laju permesinan *drilling* terhadap variasi suhu perlakuan panas baja karbon rendah memperlihatkan perubahan laju yang signifikan. Benda uji (TP A, suhu perlakuan panas 300°C) tanpa *quenching* mempunyai laju *drilling* rata-rata 9,1 mm/menit. Benda uji (TP B, suhu perlakuan panas 350°C) mempunyai laju *drilling* rata-rata 7,5 mm/menit. Benda uji (TP C, suhu perlakuan panas 450°C) mempunyai laju *drilling* rata-rata 6,56 mm/menit. Benda uji (TP D, suhu perlakuan panas 550°C) mempunyai laju *drilling* rata-rata 5,97 mm/menit dan Benda uji (TP E, suhu perlakuan panas 750°C) mempunyai laju *drilling* rata-rata 1,2 mm/menit.

Kata kunci; perlakuan panas, suhu, *quenching*, *drilling*, pengerasan.

Abstract

Machining is carried out to shape the workpiece according to the design. Machining work includes boring, drilling, turning and milling. Machining is also carried out to repair machine elements that are damaged or worn. Before machining, the material is sometimes heat treated. In this study, it will be learned about the effect of quenching heat treatment on low carbon steel at varying temperatures. Heat treatment is carried out by heating the test object to various temperatures (300°C, 350°C, 450°C, 550°C, and 750°C), with a holding time of 5 minutes, then slow cooling and fast cooling using air and fresh water. This study shows that heat treatment of low carbon steel affects the machining (drilling) rate. Comparison of drilling machining rates with variations in low carbon steel heat treatment temperatures shows significant rate changes. The test object (TP A, heat treatment temperature 300°C) without quenching had an average drilling rate of 9.1 mm/minute. The test object (TP B, heat treatment temperature 350°C) had an average drilling rate of 7.5 mm/minute. The test object (TP C, heat treatment temperature 450°C) had an average drilling rate of 6.56 mm/minute. The test object (TP D, heat

treatment temperature 550°C) has an average drilling rate of 5.97 mm/minute and the test object (TP E, heat treatment temperature 750°C) has an average drilling speed of 1.2 mm/minute.

1. PENDAHULUAN

Permesinan dilakukan untuk membentuk benda kerja sesuai dengan desain yang ada. Pengerjaan permesinan meliputi boring, drilling, pembubutan, dan frais. Permesinan juga dilakukan untuk memperbaiki bagian elemen mesin yang mengalami kerusakan atau keausan. Industri perkapalan sering melakukan pergantian material suatu alat atau elemen mesin untuk menjaga agar peralatan mesin dalam kondisi laik operasi.

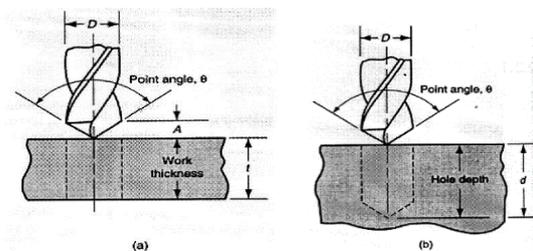
Penggantian alat atau elemen mesin yang mengalami korosi dilakukan dengan permesinan pada material baja karbon rendah. Pada proses pemotongan pelat baja sebagai bahan baku sering dilakukan pendinginan cepat dengan menyiram air tawar pada pelat baja yang masih panas.

Pendinginan cepat dapat menyebabkan berubahnya sifat fisik dari material. Perubahan struktur mikro logam menjadi penyebab perubahan sifat fisis tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Drilling adalah proses permesinan untuk membuat lubang pada benda kerja. *Drilling* dilakukan dengan pahat silindris yang mempunyai dua ujung potong yang disebut *drill*. Pahat berputar pada porosnya dan ditekan pada benda kerja yang diam sehingga menghasilkan lubang yang berdiameter sama dengan pahatnya. Mesin yang digunakan disebut *drill press*, tetapi mesin lain dapat juga digunakan dalam proses ini. Lubang yang dihasilkan dapat

berupa lubang tembus (*through holes*) dan lubang tak tembus (*blind holes*), (Al Huda,2008).



Gambar 1 Pemotongan drilling
(Groover,2002)

2.1 Variasi pahat pada *drilling*

Mata bor adalah suatu alat pembuatan lubang atau alur yang efisien, dengan berbagai macam ukuran mata bor yang dikategorikan beberapa jenis, diantaranya merupakan dalam satuan inci dan satuan millimeter. Ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan untuk memilih mata bor yaitu:

- a. Ukuran lubang
- b. Benda kerja yang akan dibor
- c. Sudut penyayat.

2.2 Diagram Fase Besi-Karbon

Diagram keseimbangan besi-karbon merupakan dasar dari bahan besi baja. Selain karbon pada besi dan baja terkandung kira-kira 0,25% Si, 0,3% - 1,5% Mn dan unsur pengotor lain seperti P, S dan sebagainya. Unsur-unsur ini tidak memberikan pengaruh utama pada diagram fase, sehingga diagram fase tersebut bisa

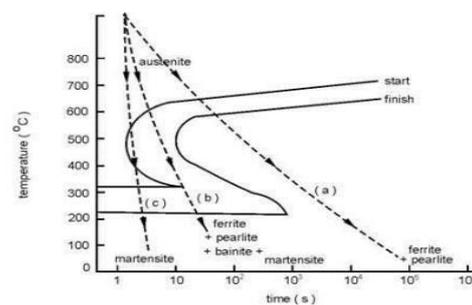
digunakan tanpa mempertimbangkan adanya unsur-unsur tersebut. Pada paduan besi karbon terdapat fase karbida yang disebut *sementite* dan juga *grafite* yang lebih stabil dari *sementite*, yang mana *sementite* mempunyai kadar karbon 6,67 %.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada keseimbangan besi-karbon, yaitu perubahan fase perit, *austenite*, *sementite*, *pearlite*, dan *bainite* yang diuraikan di bawah ini:

1. *Ferrite*: yamerupakan modifikasi struktur besi murni pada suhu ruang, dimana perit menjadi lunak dan ulet karena *ferrite* memiliki struktur BCC (*Body Centre Cubic*).
2. *Austenite*: merupakan modifikasi struktur besi FCC (*Face Centre Cubic*) yang memiliki jarak atom lebih besar dibanding dengan *pearlite*.
3. *Sementite*: kondisi ini merupakan larutan karbon melebihi batas mengakibatkan terjadi fase kedua yang memiliki komposisi Fe_3C atau karbida.
4. *Pearlite* merupakan campuran khusus yang terbentuknya dua austenisasi, dengan komposisi eutectoid bertransformasi menjadi *ferrite* dan karbida.
5. *Martensite* merupakan fase yang terjadi karena pendinginannya yang sangat cepat sekali dan terjadi pada suhu di bawah eutektoid tetapi masih di atas suhu ruangan. Karena struktur *austenite* tidak stabil maka bisa berubah menjadi struktur BCT (*Body Centre Tetragonal*) secara serentak.

2.3 Diagram TTT dan CTT

Untuk memahami macam-macam fase dan struktur kristal yang terjadi pada saat pendinginan dapat diamati dengan menggunakan diagram *Time Temperature Transformation* (TTT). Diagram TTT digunakan juga untuk menentukan laju reaksi perubahan fase. Untuk menghubungkan kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk dilakukan dengan menggabungkan diagram kecepatan pendinginan ke dalam diagram TTT dengan diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT),



Gambar 2 Diagram TTT (Callister,2001)

2.4 Perlakuan panas dan Quenching

Perlakuan panas adalah suatu proses yang diterapkan pada benda kerja dengan melakukan proses pemanasan yang dilanjutkan dengan pendinginan. Quenching termasuk salah satu perlakuan panas yang diterapkan dalam industry.

2.4.1 Perlakuan panas

Perlakuan panas merupakan kombinasi proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi pada material logam atau paduannya dalam keadaan padat dan waktu tertentu, dengan tujuan untuk memperoleh sifat mekanik yang diharapkan. Perlakuan panas pada logam baja merupakan serangkaian proses

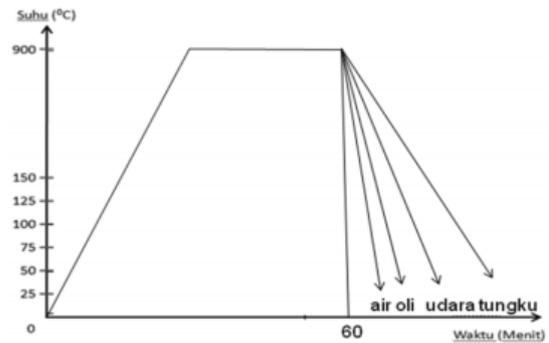
mengubah atau dekomposisi *austenite* menjadi *pearlite*, *bainite*, dan *martensite*.

Proses perlakuan panas terbagi menjadi dua menurut susunan mikronya, yaitu proses perlakuan panas yang menghasilkan struktur mikro yang ekuilibrium, antara lain yaitu; *annealing*, *normalizing*, dan *spherodizing*, kedua yaitu proses perlakuan panas yang menghasilkan struktur non-ekuilibrium seperti *quenching*, *martempering*, dan *austempering*. Penyebab perbedaan keduanya terjadi karena proses temperatur pemanasan, lama temperatur penahanan (*holding time*), dan kecepatan pendinginan dari material logam.

2.4.2 Quenching

Quenching merupakan Tindakan memanaskan atau pengolahan logam baja karbon hingga mencapai suhu austenit kemudian dilakukan pendinginan dengan cepat, sehingga terjadi perubahan struktur mikro yang menyebabkan benda kerja menjadi keras dan kuat. Struktur ini tidak stabil sehingga menghasilkan material baja yang getas. Menurut media pendinginnya, *quenching* dapat dibagi menjadi:

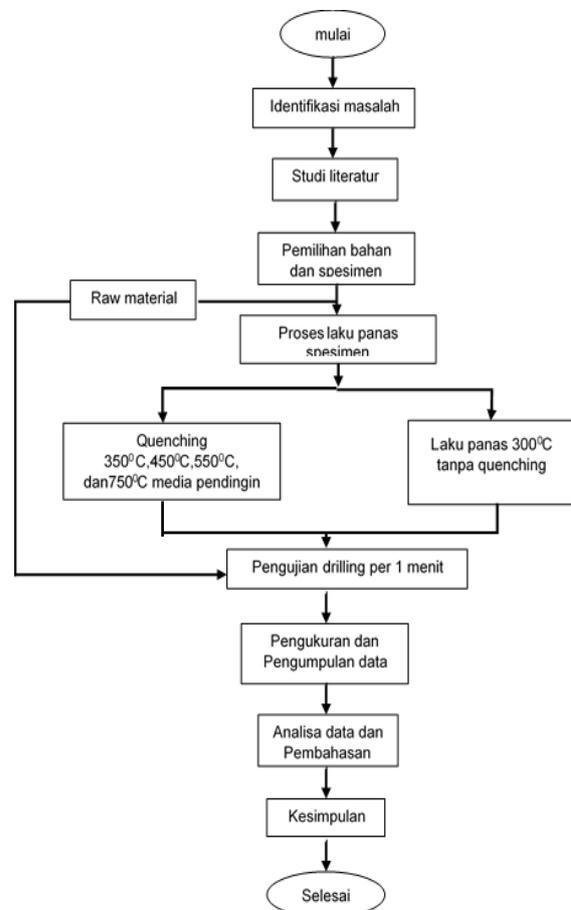
- a. *Quenching* dengan media air tawar
- b. *Quenching* dengan media oli
- c. *Quenching* dengan media udara
- d. *Quenching* dengan media air asin



Gambar 3 Skema proses pendinginan pada media pendinginan

3. METODOLOGI

Alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir penelitian

1.1 Penyiapan spesimen

a. Tahap pemanasan benda uji

Benda uji dipotong dan ditandai dengan kode (TP A, TP B, TP C, TP D, dan TP E). Variasi suhu pengujian laku panas adalah 300°C , 350°C , 450°C , 550°C , dan 750°C . Setiap pemanasan benda uji diukur dengan *thermometer laser*. Adapun langkah-langkah pemanasan benda uji adalah sebagai berikut:

1. *Cutting torch* dinyalakan dan di stel suhu api pijarnya
2. Benda uji dipanaskan sambil diukur panas benda uji menggunakan *thermometer laser*
3. Setelah mencapai suhu tertentu, suhu panas benda uji ditahan selama 5 menit.

b. Tahap pendinginan benda uji

Benda uji yang telah mengalami proses pemanasan selanjutnya dilakukan proses pendinginan lambat dan pendinginan paksa dengan dua media pendingin yaitu udara dan air. Untuk TP A didinginkan dengan suhu ruangan sekitar dan TP B, C, D dan E didinginkan dengan media pendingin air tawar.

Adapun langkah-langkah pendinginan dengan media pendingin air yaitu:

1. Wadah diisi penuh dengan air tawar.
2. Benda uji yang telah dipanaskan dicelupkan ke dalam wadah berisi air tawar.
3. Setiap melakukan proses pendinginan benda uji, dilakukan pergantian air tawar.

4. Setiap pendinginan dilakukan sampai mencapai suhu ruangan.

3.2 Pengujian Dan Pengambilan Data

Pada proses pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Bahan dasar material adalah baja dari sisa potongan konstruksi yang telah mengalami proses perlakuan panas sebelumnya, dengan pendingin media air tawar, dan udara. Pengujian yang dilakukan dengan permesinan bor.
2. Sampel benda uji baja karbon dengan jumlah sampel sebanyak 5 sampel, dimana setiap sampel mengalami perlakuan panas pada temperatur 300°C , 350°C , 450°C , 500°C , dan 750°C dengan media pendingin air tawar, sedang untuk satu sampel lainnya dengan menggunakan media pendingin udara sekitar, atau tanpa mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*) dimana lama waktu penahanan temperatur masing-masing benda uji sekitar 5 menit.
3. Benda uji yang telah dipanaskan pada temperatur yang telah ditentukan tersebut pada poin nomor 2, dengan penahanan waktu selama 5 menit. Kemudian langkah selanjutnya melakukan pendinginan cepat dengan media air tawar dan udara. Setiap benda uji yang telah melalui pendinginan cepat dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin *drilling*.

4. Dalam satu menit proses permesinan bor pada setiap benda uji dilakukan pengukuran kedalaman pada lubang hasil permesinan. Dilakukan permesinan bor secara terus - menerus hingga kedalaman lubang hasil permesinan sesuai dengan waktu yang diperlukan. Waktu untuk menentukan dalam satu menit proses permesinan menggunakan *timer* atau telepon pintar.
5. Pada saat melakukan permesinan temperatur pada benda uji dijaga dengan mengalirkan air pendingin, ini bertujuan untuk menjaga temperatur pada benda uji tidak berubah (meningkat) akibat gesekan dan tekanan dari proses permesinan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil pengujian *drilling*

Dalam melakukan pengujian sampel uji (*test piece*) terhadap proses *drilling* penulis melakukan sebanyak tiga tahapan pada setiap benda uji, setiap tahapan dilakukan selama satu menit pada proses pengeboran sampel uji yang selanjutnya dilakukan pengukuran untuk data perbandingan antar *test piece* (TP). Pada setiap pengeboran terhadap benda uji diperoleh data hasil pengujian. Hasil pengujian dimasukkan dalam table dengan tujuan agar bisa diperoleh hasil data pengujian antar sampel uji berdasarkan perlakuan panas terhadap kecepatan dalam proses *drilling*.

4.1.1 Pengukuran hasil uji *drilling*

Pengeboran pada lubang uji kedua dilakukan pada benda uji yang sama dengan

pengujian pertama. Hasil data pengujian termuat di dalam tabel, dimana setiap data.

Pengujian merupakan data perbandingan antar proses pengujian. Adapun metode pengukuran hasil *drilling* adalah sebagai berikut ini:

1. Pengukuran pertama diukur dari permukaan benda uji sampai kedalaman *drilling* pada menit pertama. Diukur dan dicatat sebagai data *drilling* tahap 1
2. Pengukuran kedua dilakukan setelah selesai proses *drilling*.
3. Tahap kedua pada lubang uji yang sama, hasil pengukuran merupakan selisih antara ukuran *drilling* tahap 1 dengan tahap kedua. Misalnya, pengukuran tahap 1 pada TP A sedalam 8,10 mm dan pengukuran pada tahap 2 diperoleh hasilnya 17,30 mm maka rumusan data laju *drilling* tahap 2 adalah: pengukuran tahap 2 dikurangi pengukuran tahap 1 ($17,30 \text{ mm} - 8,10 \text{ mm} = 9,20 \text{ mm}$)
4. Untuk memperoleh data hasil uji tahap 3 yaitu: pengukuran dilakukan setelah *drilling* tahap 3, hasil selisih gabungan *drilling* tahap 1 dan 2 dengan hasil pengukuran tahap 3 ($27,30 \text{ mm} - (8,10+9,20)$) jadi data tahap 3 adalah $27,30 \text{ mm} - 17,30 \text{ mm} = 10,00 \text{ mm}$.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil uji permesinan drilling pada specimen uji

No.	Kode TP	Perlakuan material	Lubang uji	Kedalaman mm/menit		
				Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
1	Plat A	300 ⁰ C Tanpa quenching	1	8,10	9,20	10,00
			2	8,00	9,40	10,20
			3	7,90	9,10	10,10
2	Plat B	Quenching 350 ⁰ C	1	6,20	7,30	9,30
			2	6,00	7,50	9,00
			3	6,10	7,25	9,35
3	Plat C	Quenching 450 ⁰ C	1	5,75	6,55	7,45
			2	5,50	6,70	7,50
			3	5,60	6,60	7,30
4	Plat D	Quenching 550 ⁰ C	1	4,50	5,85	7,45
			2	4,60	6,00	7,30
			3	4,40	6,20	7,40
5	Plat E	Quenching 750 ⁰ C	1	0,50	1,10	2,00
			2	0,60	1,30	1,90
			3	0,55	1,20	2,10

4.1.1.1 Uji *drilling* pada benda uji A

Pada pengujian sampel uji dengan baja karbon rendah tanpa mengalami proses *quenching* terlihat pada grafik di bawah menunjukkan proses *drilling* yang menghasilkan lubang uji yang cepat dan stabil pada setiap proses permenitnya. Berikut adalah gambar grafik pada sampel uji (*Test Piece*) A yang telah dilakukan pengujian sebanyak 3 kali, dan mencapai akumulasi kedalaman lubang pengeboran

rata-rata 27,33 mm dan rata-rata laju gerak makan pahat bor yaitu 9,11 mm/menit dalam jangka waktu 3 menit, dimana selama 3 menit tersebut merupakan akumulasi dari pengujian tahap 1,2 dan 3. Sampel uji kode A merupakan sampel uji yang tidak mengalami proses *quenching* dengan suhu pemanas sebesar 300⁰C.

Berikut di bawah ini tabel hasil *drilling* TP A

Tabel 2. Drilling pada TP A

No	Lubang uji	Kelajuan makan pahat bor (mm/menit)			Akumulasi kedalaman (mm)	Rata-rata laju pahat bor (mm/menit)
		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3		
1	1	8,10	9,20	10,00	27,30	9,10
2	2	8,00	9,40	10,20	27,60	9,20
3	3	7.90	9,10	10,10	27,10	9,03

4.1.1.2 Uji *drilling* pada benda uji B

Untuk pengujian baja karbon dengan kode plat (B) dilakukan dengan proses *quenching* setelah mengalami perlakuan panas benda uji dengan temperatur 350⁰ C. Sampel uji dengan temperature tersebut dikategorikan dengan istilah temper, yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi

pada baja setelah dicelupkan ke dalam media pendingin. , dimana proses

pengeboran pada sampel uji dilakukan sebanyak 3 tahapan untuk mencapai rata-rata akumulasi kedalaman lubang pengeboran 22,66 mm dan rata-rata laju gerak makan pahat bor yaitu 7,55 mm/menit. Setiap tahapan proses *drilling* dilakukan selama 1 menit.

Tabel 3. Drilling pada TP B

No	Lubang uji	Kelajuan gerak makan mata bor ((mm/menit)			Akumulasi kedalaman (mm)	Rata-rata laju pahat bor (mm/menit)
		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3		
1	1	6,20	7,30	9,30	22,80	7,60
2	2	6,00	7,50	9,00	22,50	7,50
3	3	6,10	7,25	9,35	22,70	7,56

4.1.1.3 Uji *drilling* pada benda uji C.

Proses pengujian pada sampel uji dengan kode plat (C) yang telah mengalami perlakuan panas dengan suhu 450⁰ C, dengan media *quenching* air tawar. Pada gambar grafik di bawah menunjukkan bahwa sampel uji pelat C mengalami perlambatan dalam proses *drilling*. Pada permukaan sampel uji mata bor mengalami perlambatan pengikisan dimana dalam jangka waktu satu menit mata bor mampu mengikis permukaan sampel uji dengan kedalaman sekitar 5-5,7 mm di setiap pengeboran pertama. Proses pengeboran sampel uji dilakukan sebanyak 3 kali untuk mencapai kedalaman lubang pada sampel uji. Tahap akhir proses pengeboran pada sampel uji hanya mampu menembus lubang dengan akumulasi kedalaman rata-rata

19,65 mm dan kelajuan rata-rata gerak makan pahat bor yaitu 6,54 mm/menit.

Tabel 4. Drilling pada TP C

No	Lubang uji	Kelajuan gerak makan mata bor (mm/menit)			Akumulasi (mm)	Rata-rata laju pahat bor (mm/menit)
		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3		
1	1	5,75	6,55	7,45	19,75	6,58
2	2	5,50	6,70	7,50	19,70	6,56
3	3	5,60	6,60	7,30	19,50	6,50

4.1.1.4 Uji drilling pada benda uji D.

Pada pengujian sampel dengan perlakuan panas suhu 550⁰C dengan pendinginan cepat media air tawar, proses

pengeboran pada pelat uji mengalami perlambatan dimana pada menunjukkan 3 tahapan proses pengeboran hanya mampu menembus lubang dengan akumulasi kedalaman rata-rata sekitar 17,91 mm dan kelajuan pahat bor rata-rata 5,97 mm/menit

Tabel 5. Drilling pada TP D

No	Lubang uji	Kelajuan gerak makan mata bor (mm/menit)			Akumulasi kedalaman (mm)	Rata-rata laju pahat bor (mm/menit)
		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3		
1	1	4,53	5,85	7,45	17,83	5,94
2	2	4,60	6,00	7,30	17,90	5,97
3	3	4,40	6,20	7,40	18,00	6,00

4.1.1.5 Uji drilling pada benda uji E.

Proses *drilling* untuk sampel uji logam baja karbon dengan kode TP E dengan suhu perlakuan panas 750⁰ C, *quenching* dengan media pendingin air tawar. Pada proses pengujian ini proses pengeboran mengalami perlambatan yang signifikan yaitu 0,50 – 1,00 mm permenit, ini dikarenakan struktur mikro di dalam baja sampel uji sudah mulai terbentuk fasa austenit, dimana untuk sampel baja dengan kode TP (E) proses pemanasannya sudah melampaui batas temperatur transformasi

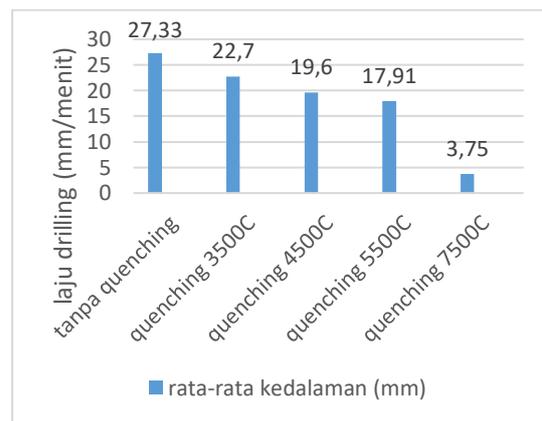
(A₁). Untuk suhu sekitar 723⁰ C yang merupakan temperatur transformasi fasa austenit menjadi fasa perlit (antara fasa ferit dan sementit). Struktur mikro baja terbentuk oleh dua variable yaitu tingginya suhu dan lamanya waktu penahanan. Peningkatan kekerasan permukaan baja karbon berbanding lurus dengan ketahanan aus atau abrasivnya. Pada tabel 4.6 di bawah rata-rata laju gerak makan mata bor pada ketiga lubang uji yaitu 2,90 mm dalam 3 tahap pengujian.

Tabel 6. Drilling pada TP E

No	Lubang uji	Kelajuan gerak makan pahat bor (mm/menit)			Akumulasi kedalaman (mm)	Rata-rata laju pahat bor (mm/menit)
		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3		
1	1	0,50	1,10	2,00	3,60	1,20
2	2	0,60	1,30	1,90	3,80	1,30
3	3	0,55	1,20	2,10	3,85	1,30

4.1.2 Perbandingan kekerasan sampel uji baja karbon rendah terhadap laju proses permesinan *drilling*.

Grafik di bawah ini menunjukkan semakin tinggi temperatur yang diberikan pada saat proses pemanasan semakin tinggi pula kekerasan material yang menyebabkan semakin lambat proses permesinan *drilling* yang terjadi. Pada material yang tanpa proses *quenching* rata-rata pengikisan mata bor 8,00 mm -10,00 mm per menitnya, suhu 350° C dengan *quenching* sekitar 6,00 mm - 9,00 mm per menit, suhu 450° C sekitar 5,00 mm – 7,00 mm per menit, suhu 550° C sekitar 4,00 mm – 7,00 mm per menitnya, suhu 750° C sekitar 0,50 mm – 4,00 mm per menit. Tetapi perlambatan proses pengikisan mata bor terhadap masing-masing sampel uji dengan suhu tempering (350°C – 550° C) tidak terlalu signifikan.



Gambar 5 Grafik perbandingan laju drilling pada benda uji

4.2 Pengaruh Proses Perlakuan Panas pada Logam Baja Karbon Rendah.

Proses *quenching* yang terjadi di permukaan benda uji merupakan yang paling cepat, semakin ke dalam maka laju pendinginan semakin rendah, atau bagian terdekat permukaan benda uji mencapai CCR (*critical cooling rate*) sedangkan bagian dalam benda uji mungkin tidak mencapai CCR dengan kata lain martensit yang terbentuk makin sedikit, hal ini yang menyebabkan benda uji makin ke dalam kekerasannya makin berkurang. Penelitian ini menggunakan ember atau wajan sebagai wadah air untuk melakukan proses *quenching*, hal ini perlu dikaji lebih dulu

pada proses *quenching* benda uji dengan temperatur tinggi seperti plat benda uji TP D (550⁰ C) dan TP E (750⁰ C), karena air dalam wadah mempunyai batasan kemampuan dalam mendinginkan kedua benda uji tersebut. Hal ini disebabkan pengaruh air yang juga ikut memanaskan akibat adanya perpindahan panas (*heat transfer*)

yang terjadi dari plat ke air menyebabkan temperatur air meningkat dan memberikan waktu untuk butir logam menyesuaikan dengan lingkungan dengan kata lain semakin memanaskan maka butir membesar lagi disebabkan suhu air masih relatif tinggi sekitar 45⁰ C-55⁰ C.

Tabel 7. Laju permesinan

no	Kode TP	Perlakuan material	Lubang uji	Laju rata-rata (mm/menit)	Keterangan analisa
1	A	Tanpa <i>quenching</i> 300 ⁰ C	1	9,10	Proses pengeboran benda uji mempunyai laju yang sama dengan raw material (9,1 mm/menit)
			2	9,20	
			3	9,03	
2	B	<i>Quenching</i> 350 ⁰ C	1	7,60	Benda uji sudah mengalami <i>quenching</i> sehingga laju bor mengalami penurunan 1,6 mm/menit dari TP A
			2	7,50	
			3	7,56	
3	C	<i>Quenching</i> 450 ⁰ C	1	6,58	Benda uji ini mengalami penurunan laju rata-rata sekitar 2,56 mm/menit dari TP A
			2	6,56	
			3	6,50	
4	D	<i>Quenching</i> 550 ⁰ C	1	5,94	Penurunannya sekitar 3,13 mm/menit. Semakin tinggi suhu perlakuan material semakin menurun laju rata-rata <i>drillingnya</i> .
			2	5,97	
			3	6,00	
5	E	<i>Quenching</i> 750 ⁰ C	1	1,20	Benda uji ini telah melampaui suhu kritis A ₁ (diagram fasa). sehingga sudah mulai keras karena mengalami austenisasi. penurunan laju <i>drilling</i> sangat signifikan yaitu 7,85 jika dibandingkan dengan TP A.
			2	1,26	
			3	1,28	

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada proses *quenching* pada baja karbon rendah maka dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut:

- 1 Perlakuan panas pada baja karbon rendah mempengaruhi laju permesinan (*drilling*). Semakin tinggi suhu perlakuan panas pada

material dan *quenching* semakin rendah laju permesinannya.

- 2 Perbandingan laju permesinan *drilling* terhadap variasi suhu perlakuan panas baja karbon rendah memperlihatkan perubahan laju yang signifikan. Benda uji (TP A) tanpa *quenching* mempunyai laju *drilling* rata-rata 9,1 mm/menit. Benda uji (TP B) mempunyai laju

drilling rata-rata 7,5 mm/menit.
 Benda uji (TP C) mempunyai laju
drilling rata-rata 6,56 mm/menit.
 Benda uji (TP D) mempunyai laju
drilling rata-rata 5,97 mm/menit dan
 Benda uji (TP E) mempunyai laju
drilling rata-rata 1,2 mm/menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dekan fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan dan seluruh civitas akademis yang telah membantu penerbitan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASTM. A36. (2004). Standard Specification of Carbon Structural Steel. New York: American Society for Testing and Materials.
- [2]. Baihaqi, I. (2015). Studi Metode Perbaikan Konstruksi Lambung Kapal Pasca Kebakaran. Surabaya: Jurusan Teknik Produksi dan Material Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknik Sepuluh November.
- [3]. Bhadesia H, Honeycombe R. 2017, steel: microstructure and properties, Elsevier Ltd. DOI : <http://dx.doi.org/10.106/B978-0-08-100270-4.00008-1>.
- [4]. Donald. (2014). Skripsi “Studi Eksperimen Pengaruh Quenching Terhadap Kekuatan dan Struktur Mikro Pada Sambungan Plat ASTM A36.” Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November
- [5]. Irvine, K.J,F.B. Pickering, dan W.C. Heselwood. 1975. *J.Iron Steel Institusi* 186: 54-67
- [6]. Kusuma, Muhammad Hary.2017. Studi Pengaruh Waktu Penahanan Quenching-Partitioning Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja AISI 51B60 Dan AISI 9260 Bekas. Institut Teknologi Sepuluh November
- [7]. Limbong, S (2015). Analisa Material ASTM A36 Akibat Pengaruh Suhu Dan Proses Quenching Terhadap Nilai Ketangguhannya. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Sepuluh November
- [8]. Li, Defa, Feng Huang, Shisen Wang, YhuzangXiong, Shuqing Xing, dan Tao Xiong. 2012. “*Effect of tempering temperature on microalloying low carbon bainite steel.*” *2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*. Paris: Atlantis Press.
- [9]. Nurdin, Hendri, 2019. Metalurgi Logam, UNP Press. Padang.