

**PENGARUH HOLDING TIME DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA ST41 PADA PROSES CARBURIZING ARANG TEMPURUNG KELAPA**Hajar Isworo<sup>1\*)</sup>, Dhenny Sumantri<sup>1)</sup>

1) Program Studi Teknik  
Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Lambung  
Mangkurat, Jl. A. Yani  
Km. 36 Banjarbaru,  
Kalimantan Selatan  
70714

Corresponding email<sup>1\*)</sup> :  
[dhensu256@gmail.com](mailto:dhensu256@gmail.com)

Received: 16-10-2020  
Accepted: 17-12-2020  
Published: 28-12-2020

©2020 Politala Press.  
All Rights Reserved.

**Abstrak.** Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efek dari variasi holding time dan media pendingin pada proses pack carburizing arang tempurung kelapa dengan cangkang telur sebagai bahan energizer terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon ST41, serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk cangkang telur ditimbang sesuai dengan komposisi arang tempurung kelapa 80% (berat) dan serbuk cangkang telur 20% (berat). Spesimen dipanaskan pada temperatur 950°C dengan penahanan waktu selama 40, 60 dan 80 menit dan didinginkan dengan media pendingin aquades, oli SAE 20W-50, dan udara. Dari penelitian ini didapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu pada media pendingin air dengan holding time 80 menit sebesar 466 HV dan kekerasan minimum yaitu pada media pendingin udara dengan holding time 40 menit sebesar 123 HV. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terjadinya peningkatan kekerasan baja karena pengaruh holding time dan media pendingin. Kata Kunci: Carburizing, Holding Time, Media Pendingin, Nilai Kekerasan, Struktur Mikro.

**Abstract.** The purpose of this research is to know the effects of the variation of the holding time and media coolers on the process of carburizing coconut shell charcoal with egg shells as an energizer material against the hardness and micro structure of low carbon steel. The material used in this study is carbon steel ST41. Coconut shell charcoal powder and egg shell powder weighed in accordance with the composition of coconut shell Charcoal 80% (weight) and egg shell powder 20% (weight). The specimen is heated at 950 °c with a time hold for 40, 60 and 80 minutes and is cooled with aquades cooling media, SAE 20W-50 oil, and air. From this study obtained the highest hardness value of water cooling media with a holding time of 80 minutes of 466 HV and the minimum hardness of the air conditioner media with a holding time of 40 minutes of 123 HV. From this research can be concluded that the occurrence of increased steel hardness due to the influence of holding time and cooling media. Keywords: Carburizing, Holding Time, Cooling Media, Hardness Value, Micro Structur.

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.124>

## 1. Pendahuluan

Logam merupakan jenis material yang banyak digunakan dalam bidang industri, salah satunya adalah baja. Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan kebutuhan sesuai dengan sifat material yang diperlukan karena memiliki sifat dan karakter yang berbeda-beda. Baja biasa diperlukan sebagai bahan poros, karena pengaplikasian material tersebut sebagai poros yang mengalami gesekan terus-menerus, maka membutuhkan material yang keras, tahan terhadap korosi dan juga tahan aus. Baja ST 41 misalnya, merupakan salah satu dari jenis golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,2% sehingga dapat memungkinkan ditingkatkan lagi kekerasannya. Untuk memenuhi spesifikasi dengan cara rekayasa material untuk mendapatkan baja yang keras, tahan korosi, dan juga tahan aus, usaha untuk menambah sifat kekerasannya baja adalah dengan menambah unsur karbon yang terkandung dalam baja (*carburizing*).



### Pack Carburizing

*Pack carburizing* merupakan salah satu bagian dari proses *heat treatment* yang metodenya mendifusikan karbon padat ke permukaan logam dimana logam dasar yang memiliki komposisi karbon dalam jumlah kecil. Proses *carburizing* dilakukan dengan memanaskan logam pada lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, karbon akan terdifusi ke dalam logam. Temperatur yang digunakan untuk proses karburasi adalah temperatur austenisasi yaitu berkisar antara 760°C-1300°C[4]. Penambahan *energizer* seperti barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau natrium karbonat ( $\text{NaCO}_3$ ) yaitu untuk ntuk mempercepat proses pendifusian karbon. Karbon beserta bahajn *energizer* dan material dimasukkan ke dalam kotak karburasi untuk dipanaskan dalam *furnace* atau dapur pemanas pada temperatur *carburing*[5].

### Karbon

Untuk meningkatkan kandungan karbon pada baja diperlukan karbon aktif sebagai media dalam proses *pack carburizing*, karbon aktif tersebut salah satunya adalah arang tempurung kelapa. Spesimen diletakkan pada kotak yang berisi media karbon yang dicampur dengan katalis yaitu kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )[5].

**Tabel 1.** Komposisi Tempurung Kelapa

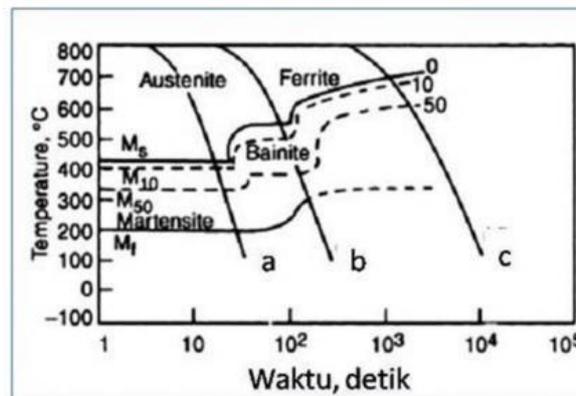
Sellulosa	26,60%
Lignin	29,40%
Pentosan	27,70%
Solven ekstraktif	4,20%
Uronat anhidrid	3,50%
Abu	0,62%
Nitrogen	0,11%
Air	8,01%

### Cangkang Telur ( $\text{CaCO}_3$ )

Cangkang telur digunakan sebagai bahan aktivator atau unsur *energizer* agar proses karburasi dari media ke baja bisa berlangsung dalam kondisi gas. Cangkang telur ( $\text{CaCO}_3$ ) akan dicampur dengan karbon murni. Campuran ini dimasukkan bersama spesimen kedalam kotak karburasi yang kemudian dilakukan proses pemanasan.

### Quenching

*Quench* atau pencelupan cepat yaitu salah satu perlakuan yang dilakukan pada proses *heat treatment* dengan menggunakan media pendingin air atau oli. Media pendingin yang memiliki viskositas lebih rendah akan memberikan laju pendinginan kritis sehingga akan mendapatkan kekerasan yang lebih tinggi. Untuk mempermudah dalam mengidentifikasi struktur yang terjadi setelah perlakuan panas maka dapat dilihat pada diagram Continuous Cooling Transformation (CCT) yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur yang terbentuk, diagram ini menggambarkan hubungan laju pendinginan dengan struktur yang akan terbentuk setelah terjadi transformasi fasa.



**Gambar 2.** Diagram Continuous Cooling Transformation (CCT)[3]

Diagram Continuous Cooling Transformation adalah diagram yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur yang terbentuk karena diagram ini menggambarkan hubungan laju pendinginan dengan struktur yang akan terbentuk setelah terjadi transformasi fasa. Pada kurva pendinginan a, b, dan c merupakan batas awal dan akhir dekomposisi austenite menjadi struktur baja akhir.

### Uji Kekerasan

Kekerasan (*hardness*) adalah hal terpenting dalam menentukan material agar sesuai dengan keperluan yg diinginkan dari suatu material. Kekerasan yaitu ketahanan material terhadap penekanan atau deformasi dari material lain yang lebih keras.

### Uji Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur dilakukan untuk membantu hasil dari pengujian kekerasan. Dari pengujian stuktur mikro dapat diketahui bentuk struktur penyusun dari matrial yang terbentuk sehingga dapat diketahui sifat dan karakteristik suatu material (baja) sesuai dengan bentuk struktur penyusunnya.

## 3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode pengujian dengan bantuan alat sebagai penunjang penelitian, alat pengujian penelitian dan bahan.

### Peralatan Penunjang

Peralatan penunjang yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Furnace listrik type 5x-5-12D
2. Kotak karburasi
3. Timbangan digital
4. Mesin amplas
5. Sarung tangan
6. Tempat Media Pendingin (Gelas ukur plastik)

### Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Portable hardness tester digital MITECH MH600
2. Mikroskop digital USB

### Bahan

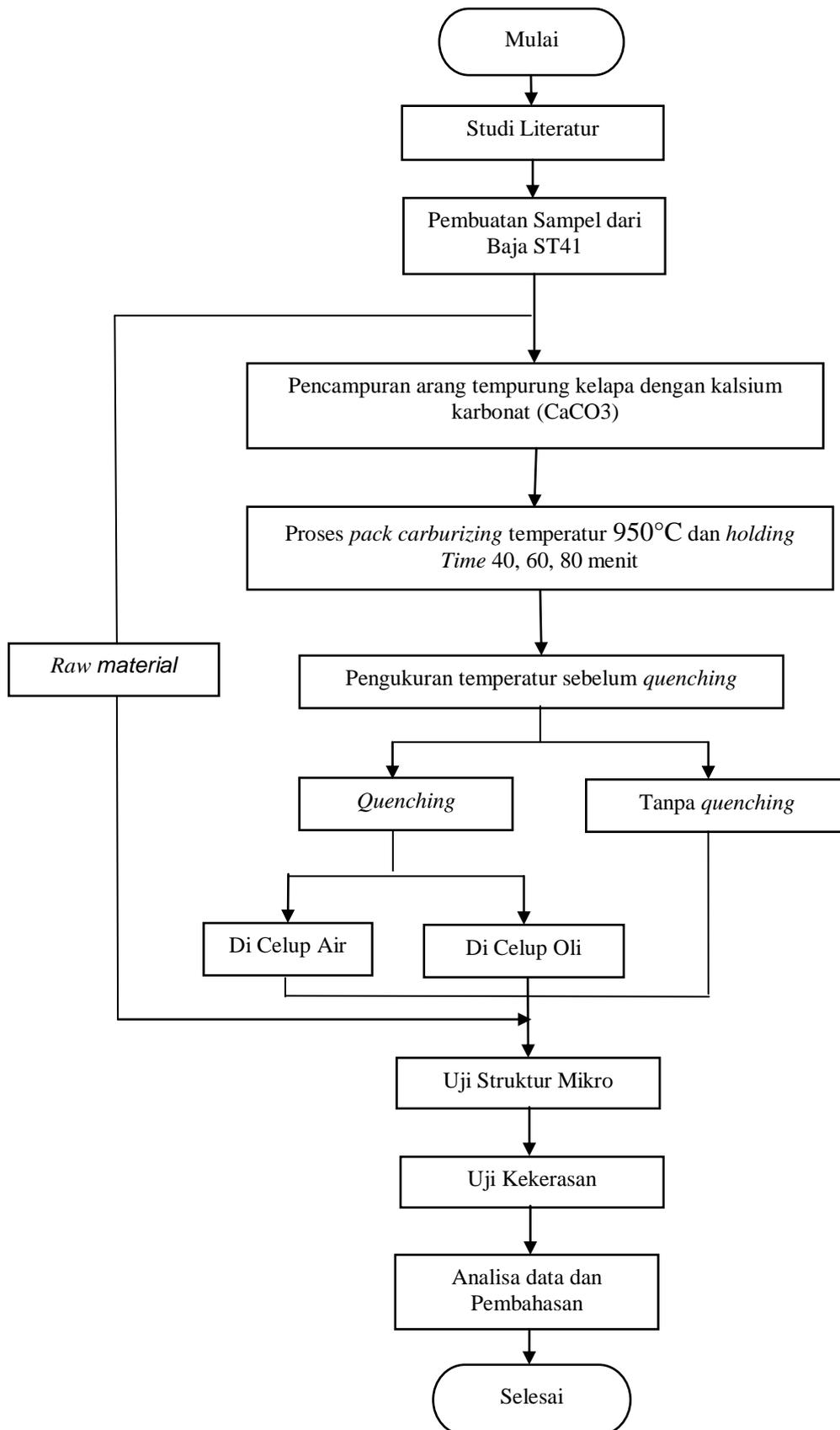
Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Baja ST 41
2. Aquades
3. Oli SAE 20W-50
4. Kertas Amplas (60, 80, 100, 240, 320, 400, 500, 800, 1000, 1200, 1500, 2000) mesh
5. Autosol
6. Asam Nitrat (HNO<sub>3</sub>)
7. Alkohol 95 %
8. Arang tempurung kelapa
9. Cangkang telur (CaCO<sub>3</sub>)



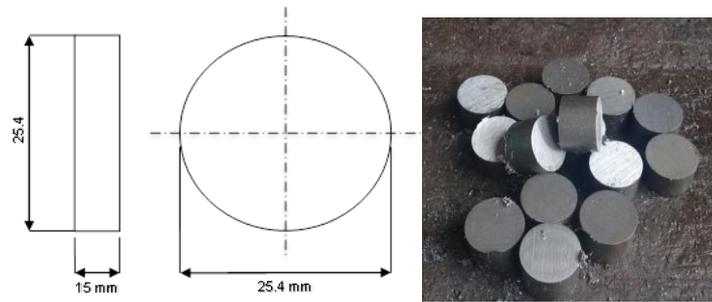
## Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:



### Persiapan Sampel

Material dasar pada penelitian ini yaitu baja ST 41 dengan bentuk silinder pejal berdiameter 25,4 mm dan tebal 15 mm.



Gambar 3. (a) Ukuran Sampel, (b) Baja ST 41

### Proses Perlakuan Panas

Proses pemanasan spesimen menggunakan oven atau *furnace*. metode yang dilakukan dalam proses pemanasan adalah:

#### a. Heating

Sebelum dipanaskan karbon dan juga *energizer* ( $\text{CaCO}_3$ ) ditimbang terlebih dahulu dengan presentase 80% karbon dan 20% kalsium karbonat. Spesimen dan media karbon dimasukkan ke dalam kotak karburasi.

*Heating* atau pemanasan dilakukan untuk merubah struktur material ke fase austenisasi, pada penelitian ini menaikkan suhu *furnace* hingga  $950^\circ\text{C}$  selama 40, 60, 80 menit..

#### b. Holding Time

Setelah tercapai suhu austenisasi yaitu pada suhu hingga ( $950^\circ\text{C}$ ) selanjutnya dilakukan waktu penahan (*holding time*) dengan waktu 40, 60, 80 menit.

#### c. Quenching

Proses *quenching* dilakukan setelah proses pemanasan pada baja telah mencapai temperatur  $950^\circ\text{C}$  dengan *holding time* (40, 60, 80 menit). Media *quenching* yang digunakan yaitu air dan oli.

### Pengujian Kekerasan

Alat yang digunakan untuk pengujian kekerasan yaitu *portable hardness tester digital* Mitech MH600 pada tiga titik yang berbeda.



Gambar 4. Portable hardness tester digital

### Pengujian Struktur Mikro

Pada uji struktur mikro menggunakan alat mikroskop digital USB dengan proses *metallography*, langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Pengamplasan (*Grinding*), menggunakan kertas amplas secara berurutan mulai dari yang kertas amplas yang kasar sampai yang halus, pada saat proses *grinding* di aliri air secara terus menerus agar tidak panas dan menghilangkan bahan *abrasive* yang menempel pada sampel.
2. Pemolesan (*Polishing*), menggunakan autosol *metal polish* serta kain halus untuk menghilangkan sisa goresan dan debu agar didapat permukaan yang sangat halus hingga tampak mengkilap.
3. Pengetsaan (*Etching*), dilakukan dengan mencelupkan sampel pada larutan etsa nital dengan komposisi asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 5 ml dan alkohol 95% 100 ml selama 30 detik, kemudian di bersihkan menggunakan alkohol dan keringkan menggunakan mesin *dryer*.

Peresentase dari penyusun struktur mikro bisa dihitung menggunakan metode perhitungan persentase mikro struktur (ASTM E- 562). Rumus yang digunakan untuk menentukan persentase struktur mikro, yaitu:

$$P_{MS} = \frac{Q_{MS}}{Q_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

$PMs$  : Persentase mikro struktur tertentu (%).

$Qo$  : Jumlah titik mikro struktur tertentu.

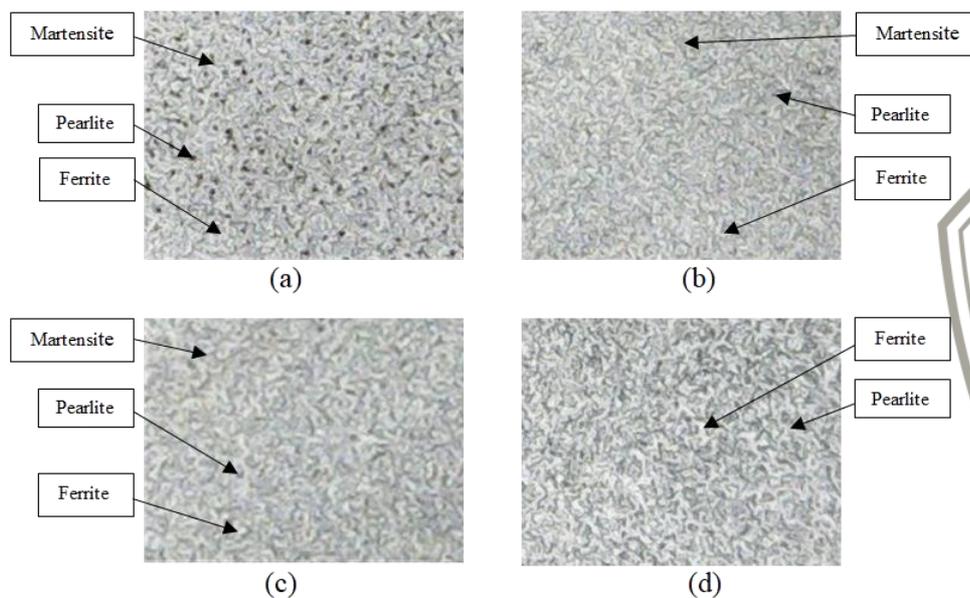
$QMs$  : Jumlah titik total.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian mikro struktur dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan persentase mikro struktur (ASTM E-562) [7].

##### Hasil Uji Struktur Mikro

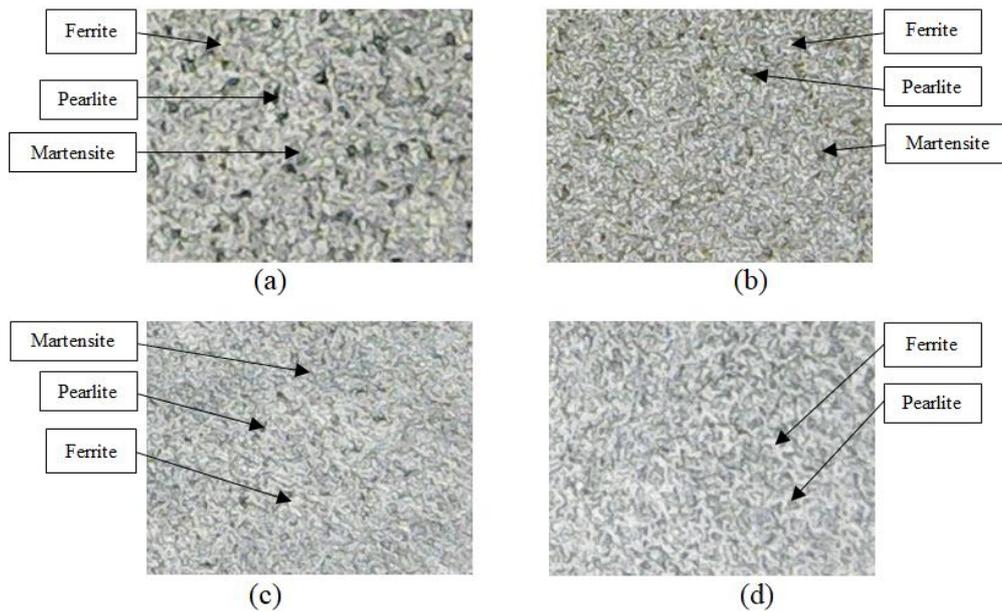
Pengujian dilakukan dengan alat mikroskop digital USB pada pembesaran 400X. Adapun material dasar yang digunakan adalah baja ST 41 yang telah di etsa menggunakan larutan *nital*. Pengamatan struktur mikro baja ST 41 dilakukan sebelum dan sesudah proses *pack carburizing* dengan suhu 950°C dan variasi waktu penahanan 40, 60, 80 menit dan jenis media pendingin air, oli SAE 20W-50 dan udara.



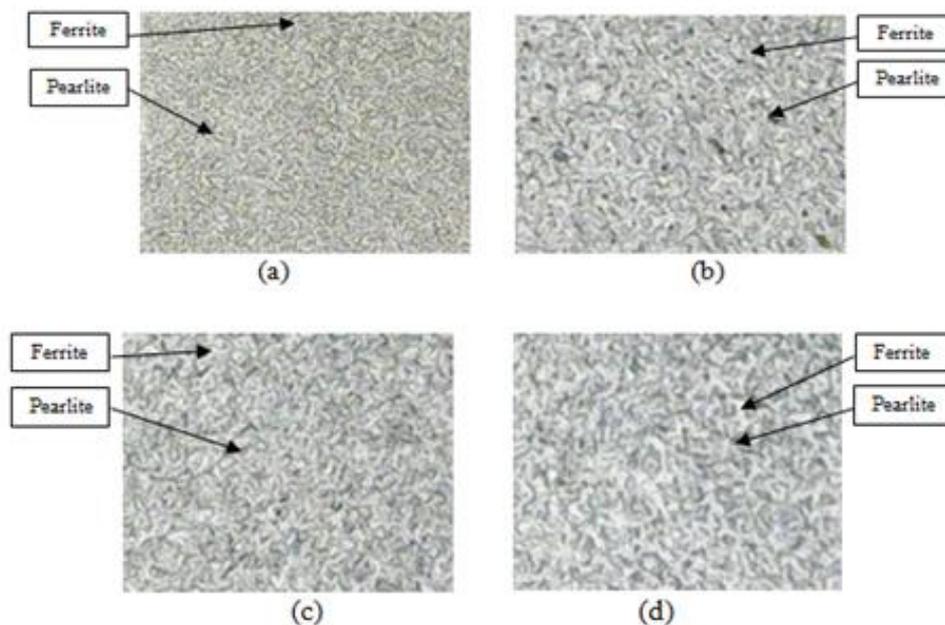
**Gambar 5.** Struktur mikro pada media pendingin air

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil uji foto struktur mikro dari *raw material* dan spesimen telah mengalami proses *carburizing* dengan suhu 950°C yang didinginkan dengan pendinginan air dengan *holding time* 40, 60 dan 80 menit. Dengan menggunakan metode perhitungan persentase mikro struktur (ASTM E- 562) dihasilkan persentase penyusun stuktur mikro pada gambar 5.a *holding* 40 menit terlihat struktur yang terbentuk dengan campuran dari 12% martensite (hitam), 58% pearlite (hitam) dan 30% ferrite (putih). Pada gambar 5.b *holding* 60 menit terlihat struktur yang terbentuk dari 20% martensite (hitam), 52% pearlite (hitam) dan 28% ferrite (putih). Pada gambar 5.c *holding* 80 menit terlihat struktur yang terbentuk dari 27% martensite (hitam), 50% pearlite (hitam) dan 23% ferrite (putih). Pada gambar 5.d *raw material* terlihat struktur yang terbentuk dari persentase 58% struktur ferrite dan 42% struktur pearlite.

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil uji foto struktur mikro dari *raw material* dan spesimen telah mengalami proses *carburizing* dengan suhu 950°C yang didinginkan dengan pendinginan oli SAE 20W-50 dengan *holding time* 40, 60 dan 80 menit. Dengan menggunakan metode perhitungan persentase mikro struktur (ASTM E- 562) dihasilkan persentase penyusun stuktur mikro pada gambar 6.a *holding* 40 menit terlihat butiran struktur yang terbentuk dengan campuran dari 5% martensite (hitam), 61% pearlite (hitam) dan 34% ferrite (putih). Pada gambar 6.b *holding* 60 menit terlihat struktur yang terbentuk dari campuran dari 9% martensite (hitam), 59% pearlite (hitam) dan 32% ferrite (putih). Pada gambar 6.c *holding* 80 menit terlihat struktur terbentuk dari campuran 8% martensite (hitam), 58% pearlite (hitam) dan 34% ferrite (putih). Pada gambar 6.d *raw material* terlihat struktur yang terbentuk dari persentase 58% struktur ferrite dan 42% struktur pearlite.



**Gambar 6.** Struktur mikro pada media pendingin oli SAE 20W-50



**Gambar 7.** Struktur mikro pada media pendingin udara

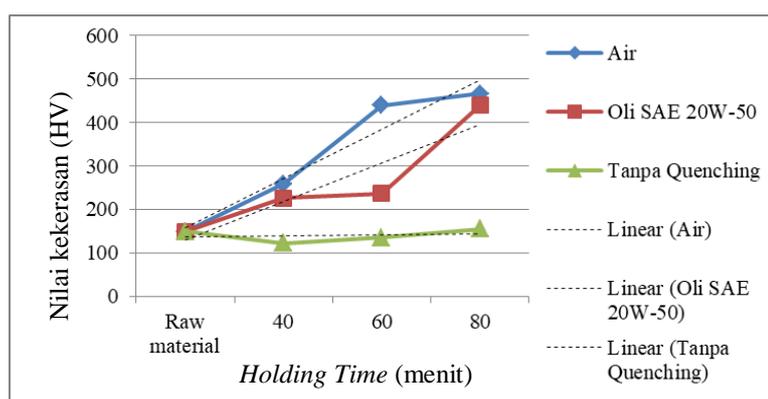
Pada gambar 7 menunjukkan hasil uji foto struktur mikro dari *raw material* dan spesimen telah mengalami proses *carburizing* dengan suhu 950°C yang didinginkan dengan pendinginan udara dengan *holding time* 40, 60 dan 80 menit. Dengan menggunakan metode perhitungan persentase mikro struktur (ASTM E- 562) dihasilkan persentase penyusun stuktur mikro pada gambar 7.a *holding* 40 menit terlihat struktur yang terbentuk dari campuran 60% ferrite (putih) dan 40% pearlite (hitam). Pada gambar 7.b *holding* 60 menit terlihat struktur yang terbentuk dari campuran 57% ferrite (putih) dan 43% pearlite (hitam). Pada gambar 7.c *holding* 80 menit terlihat struktur yang terbentuk dari campuran 62% ferrite (putih) dan 38% pearlite (hitam). Pada gambar 7.d *raw material* terlihat struktur yang terbentuk dari persentase 58% struktur ferrite dan 42% struktur pearlite.

### Hasil Uji Kekerasan

Proses pengujian kekerasan menggunakan alat *portable hardness tester digital* Mitech MH600 pada material baja ST 41 sebelum perlakuan panas (*raw material*) dan setelah proses *carburizing*, pengujian pada sampel dilakukan sebanyak 3 kali dengan 3 titik yang berbeda pada setiap masing-masing variasi *holding time* dan jenis media pendingin Oli SAE 20W-50.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan baja ST 41

No	Material	Hardening			Uji Hardness Tester (HV)			Rata-rata
		Suhu (°C)	Holding Time (menit)	Cooling	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	A	950	40	Air	274	277	276	259
2	B	950	40	Oli	227	225	227	226.3
3	C	950	40	Udara	124	121	123	123
4	D	950	60	Air	447	435	436	439.3
5	E	950	60	Oli	235	243	233	237
6	F	950	60	Udara	130	137	138	135
7	G	950	80	Air	474	467	457	466
8	H	950	80	Oli	439	439	440	439.3
9	I	950	80	Udara	153	158	155	155.3
10	Raw material				148	150	151	149.7



Gambar 8. Grafik hubungan pengaruh *holding time* dan media pendingin terhadap nilai Kekerasan

Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa adanya pengaruh nilai kekerasan baja ST 41 setelah dilakukan proses *carburizing* dengan suhu pemanasan 950°C dengan variasi *holding time* 40, 60, 80 menit dan jenis media pendingin air, oli SAE 20W-50 dan udara. Pada pendinginan air dengan *holding* 40 menit diperoleh nilai 226.3 HV kemudian pada waktu *holding* 60 menit diperoleh nilai 237 HV dan pada *holding* 80 menit diperoleh nilai 439.3 HV. Pada pendinginan oli SAE 20W-50 dengan *holding* 40 menit diperoleh nilai 226.3 HV kemudian pada waktu *holding* 60 menit diperoleh nilai 237 HV dan pada *holding* 80 menit diperoleh nilai 439.3 HV. Pada pendinginan udara dengan *holding time* 40 diperoleh nilai kekerasan 123 HV dan pada *holding time* 60 menit dengan nilai kekerasan 135 HV kemudian pada *holding time* 80 menit diperoleh nilai kekerasan 155.3 HV. Nilai kekerasan maksimum pada tiga media pendingin yang berbeda diperoleh pada media pendingin air dengan *holding time* 80 menit sebesar 466 HV, pada media pendingin oli sebesar 439.3 HV dan pada pendingin udara atau tanpa *quenching* sebesar 155.3 HV, sedangkan nilai kekerasan minimum setelah *carburizing* pada masing-masing media pendingin yaitu pada media pendingin air dengan *holding time* 40 menit sebesar 259 HV, pada media pendingin oli dengan *holding time* 40 menit sebesar 226.3 HV dan pada pendingin udara atau tanpa *quenching* dengan *holding time* 40 menit sebesar 123 HV.

Nilai kekerasan dengan *holding time* dan media pendingin dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan pada pendinginan air memiliki nilai kekerasan yang tinggi dibanding pendingin oli dan udara (tanpa *quenching*). Nilai kekerasan karburasi dengan media pendingin air lebih keras dibanding nilai kekerasan karburasi pendingin oli karena viskositas oli yang tinggi sehingga penyerapan panas lebih lambat dibanding dengan air[6]. Nilai kekerasan pada pendinginan air lebih tinggi dibanding pendinginan udara karena nilai konduktivitas thermal air lebih besar dibanding konduktivitas thermal udara sehingga panas dari spesimen lebih cepat berpindah pada pendinginan air dibanding dengan pendinginan udara.

Dari ketiga media pendingin nilai kekerasan maksimal terdapat pada *holding time* 80 menit. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan variasi *holding time* terhadap nilai kekerasan. Peningkatan *holding time* akan meningkatkan nilai kekerasan. Nilai kekerasan berbanding lurus dengan lama *holding time* yang diterapkan sehingga semakin lama waktu *holding* yang diterapkan maka nilai kekerasan semakin meningkat [4].

## 5. Kesimpulan

Semakin lama *holding time* yang diterapkan nilai kekerasan semakin meningkat dan proses pendinginan yang cepat mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi. Nilai kekerasan maksimum yang tercapai terdapat pada *holding time* 80 menit pada media pendingin air yaitu 466 HV dan nilai kekerasan minimum pada *holding time* 40 menit dengan media pendingin udara yaitu 123 HV. Terjadinya transformasi perubahan bentuk struktur mikro akibat variasi *holding time* dan media pendingin. Struktur yang terbentuk adalah struktur ferrite, pearlite dan martensite pada material ST41.

## Daftar Pustaka

- [1] Media, N. Acang, T. "Analisis Sifat Mekanik Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan *Hardening* Dengan Variasi *Temperature*" *Jurnal BINA TEKNIKA*, Volume 13 Nomor 2, Edisi 189-199, Desember 2017.
- [2] A. Mustofa, S. Jokosisworo, and A. Wibawa Budi S., "Jurnal teknik perkapalan," *Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 2, pp. 199–206, 2018.
- [3] ASM Handbook, *Heat Treating*: ASM International, 1991.
- [4] Fikara, F. A. "Pengaruh  *Holding Time* dan Media Pendingin Pada Carburizing Material SUS630 Terhadap Nilai Kekerasan dan Strukur Mikro". Skripsi. Teknik, Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, 2019.
- [5] Sujita. "Proses *Pack carburizing* dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara". *Jurnal Mechanical*, 2016.
- [6] Bahtiar, Iqbal & Arisandi, D. "Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses *Pack carburizing* Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit". *Jurnal Mekanikal*, hlm 686-696, 2017.
- [7] ASTM, *Standar Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count*: American Society for Testing and Materials, 2019.