

PENGARUH MEDIA PENDINGIN ALOE VERA pada PROSES HARDENING terhadap SIFAT MEKANIK BAJA ST 60

Harada Purwanto¹, Priyagung Hartono², Mochammad Basjir³

¹Teknik Mesin, Universitas Islam Malang, Jl. M.T Hariyono 193, Malang 65144, Indonesia.

e-mail : haradapur3@gmail.com

²Teknik Mesin, Universitas Islam Malang, Jl. M.T Hariyono 193, Malang 65144, Indonesia.

e-mail : privagung@unisma.ac.id

³Teknik Mesin, Universitas Islam Malang, Jl. M.T Hariyono 193, Malang 65144, Indonesia.

e-mail : m.basjir@unisma.ac.id

ABSTRAK

Hardening dapat menambah kekerasan dan merubah struktur mikro pada baja. Proses pendinginan *hardening* memerlukan media pendingin. Media pendingin yang ramah lingkungan saat ini yaitu *aloe vera*. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur media pendingin *aloe vera* pada proses *hardening* terhadap sifat mekanik Baja ST 60. Baja yang digunakan Baja ST 60 dengan nilai kekerasan sebesar 55 HRC. Variasi yang digunakan yaitu variasi suhu pemanasan 600°C, 800°C, dan 1000°C dan variasi suhu *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C. Spesimen sebanyak 9. Pengujian menggunakan kekerasan Rockwell C dan pengamatan mikroskop. Hasil kekerasan dan struktur mikro perlit tertinggi terjadi pada *aloe vera* 5°C pada suhu pemanasan 600°C, dan 800°C. Sedangkan, pada suhu pemanasan 1000°C menghasilkan nilai kekerasan dan struktur mikro perlit yang tidak signifikan atau naik turun jika menggunakan media pendingin *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C yaitu nilai kekerasan tertinggi terjadi di *aloe vera* 27°C.

Kata Kunci: *Hardening*, Baja ST 60, *aloe vera*, kekerasan, struktur mikro

ABSTRACT

Hardening can increase the hardness and change the microstructure of the steel. The hardening cooling process requires a cooling medium. The currently environmentally friendly cooling medium is *aloe vera*. The study aimed to determine the effect of variations in the temperature of *aloe vera* cooling media on the hardening process of the mechanical properties of ST 60 Steel. The steel used was ST 60 Steel with a hardness value of 55 HRC. The variations used are variations in heating temperatures of 600°C, 800°C, and 1000°C and *aloe vera* temperature variations of 5°C, 27°C, and 80. Nine specimens. The test used Rockwell C hardness and microscope observations. The results of the highest hardness and microstructure of pearlite occurred in *aloe vera* 5°C at heating temperatures of 600°C and 800°C. Meanwhile, at a heating temperature of 1000°C, the hardness and microstructure of pearlite are not significant or fluctuate when using *aloe vera* cooling media 5°C, 27°C, and 80°C, namely the highest hardness value occurs in *aloe vera* at 27°C.

Keywords: *Hardening*, Steel ST 60, *aloe vera*, hardness, microstructure

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada perindustrian salah satunya dapat dilihat dari beberapa material yang digunakan. Salah satu material yang sering dipakai dan dikembangkan pada perindustrian yaitu baja. Baja dibagi menjadi beberapa klasifikasi, yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah, dan baja karbon tinggi.

Baja karbon menengah sering dipakai dalam dunia industri. Salah satunya yaitu baja ST 60. Baja ST 60 yaitu baja dengan kadar karbon 0,3%-0,6% serta memiliki titik didih 1550°C dan titik lebur 2900°C. Baja ST 60 biasa dipakai pada bidang konstruksi dan otomotif.[1]

Baja seringkali masih memiliki kekurangan dalam pembuatannya. Oleh karena itu, dalam memperbaiki sifat baja dapat dilakukan perlakuan panas. Proses perlakuan panas adalah cara memodifikasi sifat mekanik material. Perlakuan panas untuk menaikkan kekerasan material dinamakan proses *hardening*. [2] Proses *hardening* merupakan proses perlakuan panas yang memerlukan media pendingin. Media pendingin tersebut dapat berupa fluida cair. Media pendingin sangat berpengaruh pada hasil kekerasan dan struktur mikro pada material.

Pada penelitian Penelitian Gusti, dkk (2016) yang berjudul "*Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda*" menyimpulkan bahwa proses *hardening* dengan media pendingin berbeda, yaitu air, oli, dan udara, dapat memberikan pengaruh terhadap kekerasan Baja ST 60. Perlakuan panas yang paling baik dalam meningkatkan kekerasan material adalah oli mesran SAE 40 dengan nilai rata-rata 119,4 HB.

Penelitian Hidayat dkk., (2016) dengan menggunakan proses *heat treatment hardening* dengan suhu pemanasan 850°C. Penelitian dilakukan dengan variasi suhu media pendingin air 20°C, 50°C, dan 80°C. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pada pendinginan 20°C yang menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari pendinginan 50°C dan 80°C yang dapat dilihat dari analisa Uji T. Sedangkan, dari perhitungan uji F didapatkan kesimpulan ada perbedaan nilai kekerasan setelah perlakuan *hardening* dengan pendinginan 20°C, 50°C dan 80°C. Pada pendinginan 20°C menunjuk-kan perbedaan kekerasan yang lebih tinggi dari pen-dinginan 50°C dan 80°C.

Saat ini, syarat pemilihan media pendingin biasanya mempertimbangkan nilai *cooling rate* dan ramah lingkungan. Media pendingin yang dikembangkan yaitu *aloe vera*. *Aloe Vera* memiliki spesifikasi yaitu, koefisien panas 99,919 W/m.K, viskositas 71,897cSt. Komposisi terbesar dari *aloe vera* adalah air yaitu 99,20% sisanya merupakan padatan terdiri dari karbohidrat yaitu mono dan polisakarida.[4]

Menurut penelitian Budiyanto dkk. (2016) yang berjudul "*Hardening Baja AISI 1045 Menggunakan Gel Aloe Vera Sebagai Media Pendingin*" menyimpulkan bahwa *cooling rate* pada media pendingin *gel aloe vera* memiliki nilai yang selalu mendekati nilai *cooling rate* pada media pendingin oli. Kesamaan nilai *cooling rate* tersebut, dapat menimbulkan sifat mekanik yang hampir sa-ma. Artinya, media pendingin *aloe vera* dapat dija-dikan media pendingin pengganti yang bersifat ramah lingkungan. Namun, penelitian tersebut me-miliki kekurangan, yaitu penelitian tersebut tidak melakukan percobaan media pendingin dengan temperatur di bawah suhu ruang. Jadi, penelitian tersebut hanya meneliti media pendingin dengan temperatur terendah pada suhu ruang yaitu 25°C.

Bedasarkan beberapa penjelasan tersebut maka peneliti melakukan penelitian dengan cara memvariasikan temperatur media pendingin *aloe vera* pada proses *hardening* di bawah suhu ruang. Penelitian ini dilakukan dengan harapan sifat mekanik Baja ST 60 didapatkan lebih baik. Selain dapat meningkatkan sifat mekanik, diharapkan bahwa *aloe vera* dapat digunakan sebagai media pendingin pengganti yang bersifat ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental langsung/sebenarnya dengan meneliti Baja ST 60 yang telah dikenai proses *hardening*. *Hardening* dapat menambah kekerasan dan merubah struktur mikro Baja ST 60. Pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell C dan pengujian struktur mikro menggunakan foto mikro dan analisis struktur mikro menggunakan *software "Image J"*.

Variabel Penelitian

Variabel bebas penelitian yaitu suhu pemanasan *hardening* 600°C, 800°C, dan 1000°C dan suhu *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C.

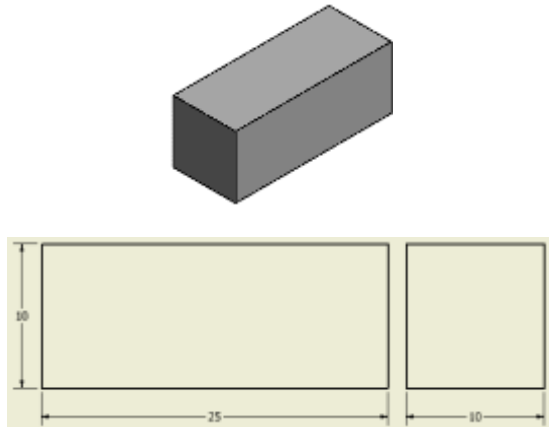
Variabel terikat penelitian yaitu nilai kekerasan dan persentase struktur mikro ferit dan perlit Baja ST 60 sesudah dilakukan perlakuan panas.

Variabel kontrol penelitian yaitu alat uji kekerasan, alat uji struktur mikro, waktu penahanan (*holding time*) yaitu 20 menit dan waktu pendinginan perlakuan panas *hardening*, bahan baku Baja ST 60, serta ukuran dimensi bahan benda uji kekerasan dan uji struktur mikro.

Data Material

1. Material yang digunakan Baja ST 60 dengan kandungan karbon (C) 0,45%, Silikon (Si) 0,25%, Mangan (Mn) 0,08%, Fosfor (P) 0,3%, dan Sulfur (S) 0,35%.

2. Jumlah spesimen 9. Percobaan I yaitu 3 spesimen untuk pemanasan 600°C menggunakan pendingin *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C. Percobaan II yaitu 3 spesimen untuk pemanasan 800°C menggunakan pendingin *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C. Percobaan III yaitu 3 spesimen untuk pemanasan 1000°C menggunakan pendingin *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C.



Gambar 1. Desain spesimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perlakuan panas dengan variasi suhu *hardening* dan variasi suhu media pendingin *aloe vera* maka akan didapat data-data berupa nilai kekerasan dan foto struktur mikro dari material Baja ST 60.

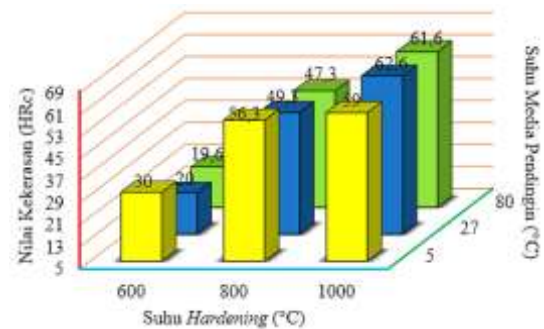
Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell C*. Percobaan dilakukan pada spesimen Baja ST 60 berjumlah 9. Masing-masing spesimen dilakukan 3 kali pengulangan data.

Tabel 1. Data uji kekerasan

Media Pendingin	Suhu Pemanasan <i>Hardening</i> (°C)	Suhu Media Pendingin (°C)	Titik Pengujian (HRc)			Rata-Rata (HRc)
			I	II	III	
<i>Aloe vera</i>	600	5	26	30	33	30
		27	20	20	20	20
		80	19	20	20	19,6
	800	5	57	57	55	56,3
		27	52	47	49	49,3
		80	48	49	45	47,3
	1000	5	59	61	57	59
		27	63	61	64	62,6
		80	62	61	62	61,6

Berdasarkan data dari tabel 1, dapat dibuat grafik distribusi nilai kekerasan yang terjadi pada variasi suhu *hardening* dan variasi suhu media pendingin *aloe vera* dari hasil proses perlakuan panas *hardening* baja ST 60.

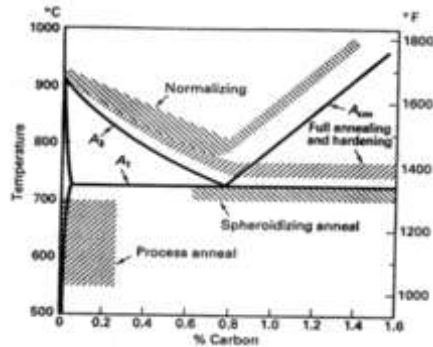


Gambar 2. Nilai rata-rata kekerasan pada pemanasan 600°C, 800°C, dan 1000°C dan suhu *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C.

Dari gambar 2, nilai kekerasan tertinggi terjadi pada titik suhu pemanasan *hardening* 1000°C dengan menggunakan suhu media pendingin *aloe vera* 27°C dengan hasil sebesar 62,6 HRc. Sedangkan, nilai kekerasan terendah terjadi pada titik suhu pemanasan *hardening* 600°C dengan menggunakan suhu media pendingin *aloe vera* 80°C dengan hasil sebesar 19,6 HRc.

Hal yang mempengaruhi kekerasan Baja ST 60 yaitu laju pendinginan dari media pendingin *aloe vera*. Kenaikan dan penurunan nilai kekerasan adalah pengaruh dari nilai laju pendinginan yang terjadi pada saat proses pendinginan berlangsung.[5] Laju pendinginan dipengaruhi beberapa faktor yaitu titik didih, viskositas, dan konduktivitas thermal.[6] Perubahan suhu pemanasan pada *aloe vera* dapat mempengaruhi viskositasnya. Semakin rendah suhu media pendingin maka semakin baik nilai kekerasan yang didapatkan. [3] Dari hasil pembahasan di atas, nilai kekerasan tertinggi pada suhu pemanasan 600°C, dan 800°C terjadi pada media pendingin *aloe vera* bersuhu 5°C. Dari hasil tersebut, *aloe vera* bersuhu 5°C memiliki nilai viskositas tertinggi. *Aloe vera* bersuhu 5°C dapat dikatakan memiliki viskositas tertinggi karena pada kondisi tersebut cairan *aloe vera* hampir mendekati titik beku yaitu 0°C. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai viskositas dari *aloe vera* maka semakin tinggi nilai kekerasan yang dihasilkan. Sedangkan, pada suhu pemanasan 1000°C menggunakan variasi suhu media pendingin *aloe vera* memiliki nilai kekerasan yang tidak signifikan antara sebab yang ditimbulkan oleh pengaruh viskositas *aloe vera*. Hal ini dikarenakan suhu pemanasan 1000°C merupakan pemanasan *hardening* namun dengan kondisi *overheating*. Kondisi *overheating* ditimbulkan oleh kesalahan suhu pemanasan yang berlebih. Terlihat pada grafik perlakuan panas (Gambar 3) bahwa suhu 1000°C tidak masuk ke dalam proses *hardening* untuk baja ST 60 yang memiliki kadar karbon sekitar $\pm 0,4-0,6\%$ C. Oleh karena itu, viskositas media pendingin *aloe vera* pada saat pemanasan 1000°C tidak dapat mempengaruhi nilai kekerasan dari

Baja ST 60.



Gambar 3. Diagram suhu perlakuan panas untuk baja karbon

Uji statistik menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) dua arah untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pemanasan *hardening* dan variasi suhu media pendingin *aloe vera* terhadap nilai kekerasan Baja ST 60. Hasil yang diperoleh sebagai berikut.

Tabel 2. Data uji ANOVA dua arah

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel
Rata-Rata Baris	6972	2	3486	996	3,55
Rata-Rata Kolom	149	2	74,5	21	3,55
Interaksi	200	4	50	14	2,92
Error	63	18	3,5		
Total	7384	26			

Berdasarkan tabel 2 maka didapatkan kesimpulan bahwa, sebagai berikut.

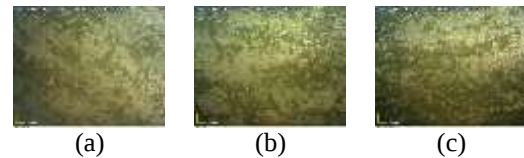
1. Karena $F_{hit} = 996 > F_{0,05(2,18)} = 3,55$. Jadi, terdapat perbedaan hasil rata-rata yang signifikan antara variasi suhu pemanasan *hardening* dengan hasil kekerasan.
2. Karena $F_{hit} = 21 > F_{0,05(2,18)} = 3,55$. Jadi, terdapat perbedaan yang signifikan antara variasi suhu media pendingin *aloe vera* dengan hasil kekerasan.
3. Karena $F_{hit} = 14 > F_{0,05(4,18)} = 2,92$. Jadi, terdapat interaksi antara variasi suhu pemanasan *hardening* dan variasi suhu media pendingin *aloe vera* yang digunakan dengan titik pengujian kekerasan.

Struktur Mikro

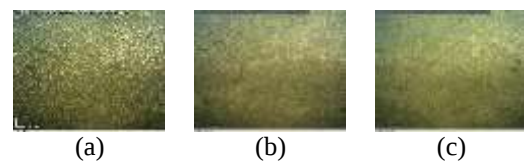
Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1500X. File yang didapatkan setiap 1 spesimen yaitu berbentuk gambar dengan format .JPG. Berikut hasil pengamatan struktur mikro untuk suhu pemanasan *hardening* 600°C, 800°C, dan 1000°C dan suhu *aloe vera* 5°C, 27°C, dan 80°C.



Gambar 4. Struktur mikro pemanasan 600°C dan *aloe vera* (a) 5°C, (b) 27°C, dan (c) 80°C

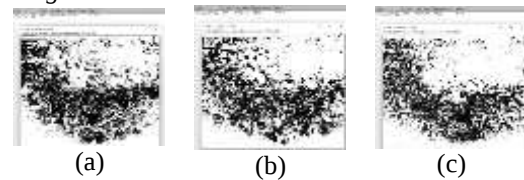


Gambar 5. Struktur mikro pemanasan 800°C dan *aloe vera* (a) 5°C, (b) 27°C, dan (c) 80°C

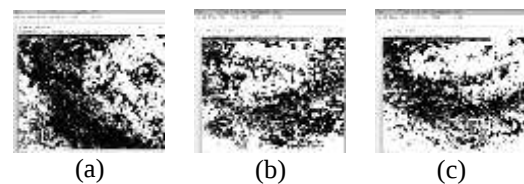


Gambar 6. Struktur mikro pemanasan 1000°C dan *aloe vera* (a) 5°C, (b) 27°C, dan (c) 80°C

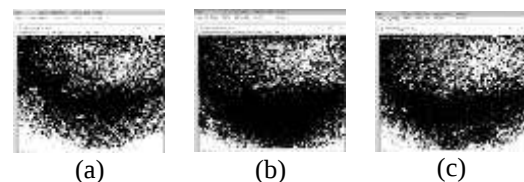
Dari hasil gambar di atas dilakukan analisis struktur mikro menggunakan *software* bernama “Image J”. Berikut hasil analisis dari *Software* “Image J”.



Gambar 7. Analisis struktur mikro pemanasan 600°C dan *aloe vera* (a) 5°C, (b) 27°C, dan (c) 80°C



Gambar 8. Analisis struktur mikro pemanasan 800°C dan *aloe vera* (a) 5°C, (b) 27°C, dan (c) 80°C



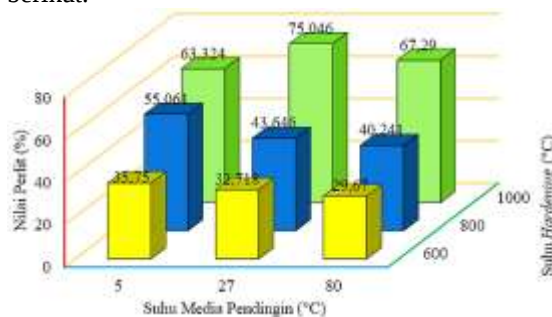
Gambar 9. Analisis struktur mikro pemanasan 1000°C dan *aloe vera* (a) 5°C, (b) 27°C, dan (c) 80°C

Hasil di atas merupakan analisis *Software "Image J"*. *Software* tersebut dapat menganalisis luas area atau %area dari struktur mikro perlit. Sedangkan %area ferit = 100%–%Perlit. Hasil analisis ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai persentase perlit dan ferit pada media pendingin *aloe vera*

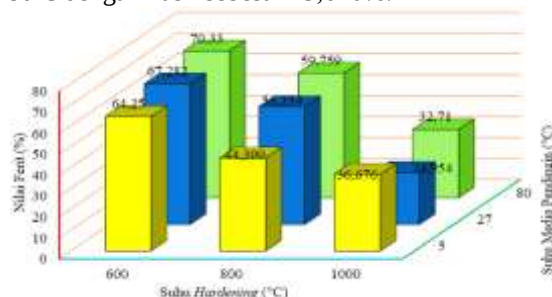
Media Pendingin	Suhu Hardening (°C)	Suhu Media pendingin (°C)	Nilai Struktur Mikro perbesaran 1500x	
			Perlit (%)	Ferit (%)
<i>Aloe vera</i>	600	5	35,75	64,25
		27	32,718	67,282
		80	29,670	70,33
	800	5	55,061	44,399
		27	43,646	56,354
		80	40,241	59,759
	1000	5	63,324	36,676
		27	75,046	24,954
		80	67,29	32,71

Dari tabel 3 dapat dibuat grafik distribusi persentase ferit dan perlit pada percobaan menggunakan media pendingin *aloe vera*, sebagai berikut.



Gambar 10. Nilai persentase perlit menggunakan variasi pemanasan dan variasi suhu pendingin *aloe vera*

Berdasarkan grafik di atas (Gambar 10) dari keseluruhan percobaan, kandungan perlit tertinggi terjadi pada percobaan suhu pemanasan *hardening* 1000°C dengan menggunakan pendingin *aloe vera* bersuhu 27°C dengan hasil sebesar 75,046%. Sedangkan, kandungan perlit terendah terjadi pada percobaan suhu pemanasan *hardening* 600°C dengan menggunakan pendingin *aloe vera* bersuhu 80°C dengan hasil sebesar 29,670%.



Gambar 11. Nilai persentase ferit menggunakan variasi pemanasan dan variasi suhu pendingin *aloe vera*

Berdasarkan grafik di atas (Gambar 11) dari keseluruhan percobaan, kandungan ferit tertinggi terjadi pada percobaan suhu pemanasan *hardening* 600°C dengan menggunakan pendingin *aloe vera* bersuhu 80°C dengan hasil sebesar 44,399%. Sedangkan, kandungan ferit terendah terjadi pada percobaan suhu pemanasan *hardening* 1000°C dengan menggunakan pendingin *aloe vera* bersuhu 27°C dengan hasil sebesar 24,954%.

Berdasarkan hasil kedua grafik (Gambar 10 dan 11) tersebut dapat dijelaskan bahwa selama proses pemanasan menggunakan suhu pemanasan 600°C, 800°C, dan 1000°C dan pendinginan *aloe vera* bersuhu 5°C, 27°C, dan 80°C akan terjadi beberapa perubahan fasa struktur mikro pada Baja ST 60. Semakin tinggi temperatur austenisasi diberikan pada material maka hasil yang ditunjukkan bahwa kandungan perlit semakin tinggi. Pengaruh fasa perlit yang tinggi disebabkan karena kecepatan pendinginan. Semakin cepat pendinginannya, semakin tinggi kekerasan yang diperoleh. [7] Kekerasan yang diperoleh mempengaruhi jumlah fasa perlit pada Baja ST 60. Perlit merupakan jenis struktur mikro berwarna hitam yang memiliki sifat keras. Sedangkan, ferit merupakan jenis struktur mikro berwarna putih yang memiliki sifat ulet dan lunak. Kecepatan pendinginan dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya viskositas. Suhu pada *aloe vera* (5°C, 27°C, dan 80°C) dapat mempengaruhi nilai viskositas. Terlihat bahwa pada pemanasan 600°C, dan 800°C nilai persentase perlit tertinggi terjadi pada *aloe vera* bersuhu 5°C. Hasil yang sama seperti hasil nilai kekerasan (pada pembahasan uji kekerasan). Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi nilai viskositas semakin tinggi nilai persentase perlit yang didapatkan. Namun, pada suhu pemanasan 1000°C menggunakan variasi suhu media pendingin *aloe vera* memiliki nilai persentase perlit yang tidak signifikan antara sebab yang ditimbulkan oleh pengaruh viskositas variasi suhu pada media pendingin *aloe vera*. Hal ini dikarenakan suhu pemanasan 1000°C merupakan pemanasan *hardening* namun dengan kondisi *overheating* (pembahasan pada kekerasan). Kondisi *overheating* ditimbulkan oleh kesalahan suhu pemanasan yang berlebih. Dapat dilihat pada gambar 3, bahwa suhu 1000°C tidak masuk ke dalam proses *hardening* untuk baja ST 60 yang memiliki karbon sekitar ± 0,4-0,6% C. Oleh karena itu, viskositas media pendingin *aloe vera* (5°C, 27°C, dan 80°C) pada saat pemanasan 1000°C tidak dapat mempengaruhi nilai persentase perlit dari Baja ST 60. Pemanasan berlebih dapat menyebabkan per-tumbuhan butir yang berlebihan, yang mengakibatkan peningkatan kemampuan mengeras dan peningkatan getas. [8] Dari pernyataan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa walaupun fasa perlit yang timbul lebih banyak namun mengalami kondisi tidak stabil dan

menyebabkan sifat mekanik baja ST 60 menjadi buruk.

KESIMPULAN

Bedasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh dari variasi perlakuan panas *hardening* dan variasi suhu media pendingin *aloe vera* terhadap nilai kekerasan Baja ST 60. Hal ini dibuktikan dengan uji statistik ANOVA dua arah.
2. Berdasarkan analisis *software "Image J"*, dapat dijelaskan bahwa terdapat pengaruh dari variasi perlakuan panas *hardening* dan variasi suhu media pendingin *aloe vera* terhadap pembentukan ferit dan perlit pada struktur mikro Baja ST 60.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gusti R. F. S, M. Firman, dan M. A. S. .P, "Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda," *J. Ilm. Tek. Mesin UNISKA*, vol. 01, no. 02, hal. 21–26, 2016.
- [2] W. D. Callister dan D. G. Retwitch, *Materials Science and Engineering - An Introduction 10th Edition*. New York: JohnWiley & Sons, Inc., 2007.
- [3] P. Hartono, Sujatmiko, dan T. Hidayat, "Analisa Pengaruh Suhu Pada Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis (Kekerasan) Baja S45C Pada Proses Hardening," *J. Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 6, no. 2, hal. 31–35, 2016.
- [4] P. Hartono, Pratikto, A. Suprpto, dan Y. S. Irawan, "Characterisation of aloe vera as cutting fluids," *MM Sci. J.*, no. Maret, hal. 2209–2213, 2018.
- [5] E. Budiyo, M. A. Choiron, dan D. B. Darmadi, "Hardening Baja AISI 1045 Menggunakan Gel Aloe Vera Sebagai Media Pendingin," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, hal. 55–64, 2016.
- [6] R. A., Wahono, dan D. L. Edy, "Pengaruh Suhu Awal Media Pendingin terhadap Kekerasan dan Kekuatan Impact pada Baja Karbon Medium yang Diperlakukan Quenching," *J. Tek. Mesin dan Pembelajaran*, vol. 3, no. 1, hal. 27–33, 2020.
- [7] B. T. Sofyan, "Pengantar Material Teknik," II., Bogor: UNHAN RI PRESS, 2021.
- [8] L. C. F. Canale, R. A. Mesquita, dan G. E. Totten, *Failure Analysis of Heat Treated Steel Components*. 2008.
- [9] M. Fatoni, U. Lesmanah, dan M. Basjir, "Analisis Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Holding Time terhadap Kekerasan pada Proses Hardening," vol. 16, no. 1, 2021.
- [10] S. Habibullah, U. Lesmanah, dan M. Basjir, "Analisis Kekerasan Pengecoran Kuningan dan Magnesium dengan Variasi Media Pendingin," *Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 17, no. 1, hal. 66–71, 2021.
- [11] T. Setiabudi, U. Lesmanah, dan M. Basjir, "Analisis Pengecoran Aluminium (Al) dengan Paduan Kuningan (CuZn) dan Variasi Media Pendingin terhadap Nilai Kekerasan," *Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 17, no. 2, hal. 26–31, 2021.
- [12] I. Haq, Margianto, dan M. Basjir, "Analisa Kekuatan Sambungan Las MIG pada Aluminium Paduan 6061 dengan Variasi Media Pendingin," *Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 18, no. 2, hal. 83–87, 2022.
- [13] M. Basjir dan Suhartini, "Analisa Risiko Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses Penjernihan Air dengan Metode Fuzzy FMEA," *Tecnoscienza*, vol. 3, no. 2, hal. 195–210, 2019.
- [14] M. N. F. Arif, P. Hartono, dan M. Basjir, "Analisis Struktur Mikro Pencampuran Magnesium dengan Aluminium terhadap Variasi Pendinginan," *Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 15, no. 1, 2020.
- [15] Suhartini, M. Basjir, dan A. T. Hariyono, "Pengendalian Kualitas dengan Pendekatan Six Sigma Seventools sebagai Upaya Perbaikan Produk," *Res. Technol.*, vol. 6, no. 1, hal. 297–311, 2020.