



Analisis Variasi Nilai Temperatur Material VCN150 Untuk Crusher Pencacah Plastik Dengan Proses Heat Treatment

Ariyanto¹, Eko Yudo², Adyu Nicola³

^{1,2,3} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : Ariyanto2176@gmail.com

Received:29 April 2024; Received in revised form:1 September 2025; Accepted:3 September 2025

Abstract

Steel is one of the most widely used types of metal in the engineering field. There are many types of steel materials with different properties and characteristics, and steel materials can be used depending on their purpose. Steel contains various alloying elements. Although carbon is the element that has the greatest influence on the properties of steel, other elements cannot be ignored. The carbon content affects the mechanical properties of steel, such as hardness, ductility, formability, and other mechanical properties. This study aims to evaluate whether VCN 150 alloy steel can be used as an alternative material for cutting blades in plastic shredding machines based on its hardness value. The heat treatment process is conducted using varying temperatures of 800°C, 840°C, and 880°C, as well as using different cooling media, namely oil, seawater, and saltwater (25% salt content), then followed by a tempering process at temperatures of 100°C and 150°C. The research results indicate that the cooling medium significantly affects the hardness value of the material. A combination of a temperature of 800 °C and seawater cooling produces the maximum hardness value. The increase in hardness value becomes an alternative potential for plastic cutting blades.

Keywords: heat treatment; steel VCN 150; maksimum hardne; tempering

Abstrak

Dalam bidang teknik material baja sudah umum diaplikasikan untuk berbagai keperluan. Ada banyak jenis material baja dengan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda, dan material baja dapat digunakan tergantung pada tujuannya. Baja mengandung fe, karbon dan berbagai unsur paduan. Meskipun karbon merupakan unsur yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap sifat baja, unsur lainnya tidak dapat diabaikan. Sifat mekanik baja, seperti kekerasan, keuletan, sifat mampu bentuk, dan sifat mekanik lainnya juga dapat dipengaruhi oleh kandungan unsur paduannya. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah baja paduan VCN 150 dapat digunakan sebagai alternatif bahan untuk mata potong mesin pencacah plastik berdasarkan nilai kekerasannya. Proses heat treatment dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur 800°C, 840°C dan 880°C serta menggunakan media pendingin yang berbeda yaitu oli, air laut dan air garam (kandungan garam 25%). Proses ini kemudian diikuti dengan proses tempering pada temepeatur 100°C dan 150°C. Hasil penelitian menunjukan bahwa media pendingin secara signifikan mempengaruhi nilai kekerasan material. Kombinasi temperatur 800°C dan pendingin air laut menghasilkan nilai kekerasan maksimum. Peningkatan nilai kekerasan menjadi potensi alternatif mata potong pencacah plastik.

Kata Kunci: perlakuan panas; baja VCN150; kekerasan maksimum; tempering

1. PENDAHULUAN

Penggunaan baja secara luas banyak diterapkan pada bidang teknik. Sekarang ini jenis baja yang tersedia sangat bervariasi dengan karakter dan katakteristik yang berbeda-beda yang dapat digunakan tergantung pada tujuannya. Baja mengandung berbagai unsur paduan. Meskipun karbon merupakan unsur yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap sifat baja, unsur-unsur paduan lainnya tidak dapat diabaikan. Kekerasan adalah sifat mekanik baja yang berhubungan dengan ketahanan aus. Dalam

penggunaannya, beberapa komponen mesin seperti roda gigi, poros dan mata potong akan terus-menerus mengalami gesekan. Kondisi ini menyebabkan kerusakan pada permukaan komponen tersebut, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan yang tinggi sehingga komponen tidak dapat digunakan lagi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dilakukan suatu proses pengolahan permukaan yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan komponen sehingga lebih mampu menerima gaya gesek dan lebih tahan terhadap kerusakan.

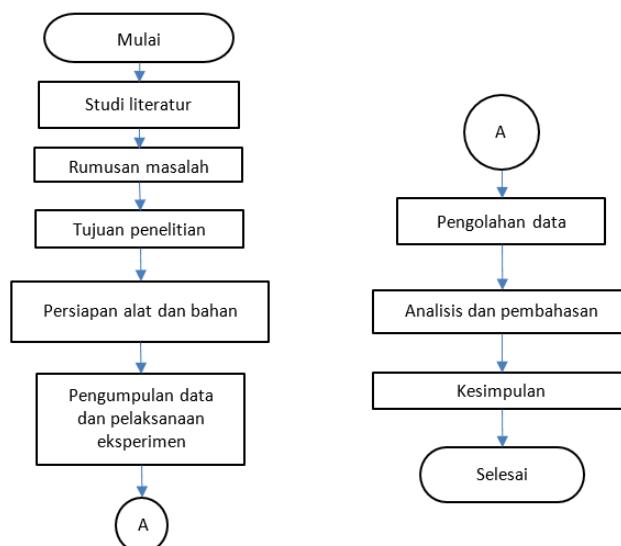
Baja VCN 150 adalah jenis baja paduan rendah yang umum diaplikasikan sebagai poros pada sistem penggerak mesin atau peralatan. Untuk melakukan Peningkatan nilai kekerasan pada material VCN 150 dengan cara melakukan *heat treatment* seperti yang pernah dilakukan pada poros *Track Roller bearing* pada mesin pembelah bambu [1]. Pemanfaatan baja VCN150 sebagai bahan pemotong memerlukan sifat-sifat unggul seperti kekerasan tinggi, ketangguhan optimal, dan ketahanan aus yang baik. Tanpa *heat treatment*, material ini hanya membentuk fasa perlit dan ferit, yang mengindikasikan bahwa material masih lunak dan memiliki tingkat kekerasan yang rendah. Tingkat kekerasan yang tinggi dapat dihasilkan jika fasa perlit dan ferit pada material yang dikeraskan berubah menjadi *fase martensit* [2]. Proses *heat treatment* ini bertujuan untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat fisik dan mekanik material yang nantinya akan dijadikan sebagai bahan baku pisau pemotong, setelah dilakukannya proses *heat treatment* material mencapai tingkat kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi sehingga mampu menahan gaya gesek yang terjadi selama proses pemotongan yang dapat memicu kerusakan [3], ketahanan aus yang baik berakibat pada usia pakai material pisau sehingga mampu melakukan proses pemotongan berulangkali dengan kualitas hasil pemotongan yang optimal.

Pada penelitian Farhan dkk [4] ditemukan bahwa terdapat hubungan antara temperatur dan nilai kekerasan baja, selain temperatur media pendingin juga berperan pada nilai kekerasan baja [5]. Dengan melihat hubungan yang terjadi antara temperatur dan media pendingin maka proses *heat treatment* dapat dioptimalkan [6] [7].

Pada penelitian ini diterapkan proses *heat treatment* yang terdiri dari dua tahapan, pertama dilakukan pengerasan material (*hardening*) pada rentang temperatur tertentu lalu didinginkan menggunakan jenis media pendingin berbeda, setelah proses pengerasan material akan dilakukan proses *tempering*. Dengan memperhatikan variasi antara temperatur dan jenis media pendingin yang digunakan pada eksperimen ini dapat menemukan kombinasi yang menghasilkan nilai kekerasan terbesar dengan harapan dapat digunakan sebagai bahan alternatif pisau pencacah plastik.

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yang digunakan untuk pedoman penelitian, langkah awal dimulai dari studi- literatur yang didapat dari jurnal ilmiah, internet, *handbook*, *text book*, *manual book*. Setelah itu data yang diperoleh dari studi literatur dipelajari dan digunakan sebagai referensi dalam penelitian. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat di diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

2.1. Persiapan

Benda uji dipotong dengan ukuran $\varnothing 16 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ menggunakan mesin gergaji dan mesin bubut selanjutnya benda uji diikat dengan menggunakan kawat baja untuk memudahkan proses pengangkatan dari oven. Gambar 2 menunjukkan bentuk benda uji yang digunakan.



Gambar 2. Benda Uji Yang Digunakan Setelah Dilakukan Proses Pemesinan

2.2. Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan metode Taguchi yang terdiri dari tiga tahapan [8] yaitu perencanaan, pelaksanaan dan analisa. Dalam tahap pelaksanaan, eksperimen Taguchi menggunakan matrik ortogonal dengan memperhatikan

1. Jumlah faktor dan level
2. Derajad kebebasan
3. Matrik ortogonal

Peneitian ini menggunakan dua faktor dan tiga level. Faktor-faktor yang diteliti adalah temperatur dan media pendingin sedangkan level yang digunakan adalah tingkatan atau variasi dari temperatur dan media pendingin. Lihat Tabel 1 untuk detail faktor dan level.

Tabel 1. Faktor Kontrol Dan Level Yang Digunakan

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3
A	Temperatur	800°C	840°C	880°C
B	Media Pendingin	Oli	Air Laut	Air garam

Faktor dan Level yang telah ditentukan selanjutnya dimasukan kedalam matrik ortogonal seperti pada Tabel 2. Replikasi diperlukan untuk Untuk meningkatkan hasil ketelitian sebanyak tiga kali.

Tabel 2. Matrik Ortogonal Eksperimen

Temperatur	Media pendingin	nilai	nilai	nilai	rata-rata
		1	2	3	
800	oli	n1	n2	n3	r1
800	air laut	n1	n2	n3	r2
800	air garam	n1	n2	n3	r3
840	oli	n1	n2	n3	r4
840	air laut	n1	n2	n3	r5
840	air garam	n1	n2	n3	r6
880	oli	n1	n2	n3	r7
880	air laut	n1	n2	n3	r8
880	air garam	n1	n2	n3	r9

Dalam eksperimen yang dilakukan performa karakteristik kualitas menggunakan jenis rasio S/N yaitu [9] *Larger Is Better* untuk memperoleh nilai kekerasan maksimum. Persamaan yang digunakan *larger is better*

$$S/N = -10 \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

Untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap kekerasan dan pengaruh media pendingin terhadap kekerasan menggunakan analisis *anova* dengan hipotesis sebagai berikut :

Hipotesis temperatur

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$$

Temperatur berpengaruh tidak signifikan terhadap nilai kekerasan

$$H_1: \text{Paling sedikit satu } \tau_i \neq 0$$

Temperatur berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan

Hipotesis Media pendingin

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \tau \beta = 0$$

Temperatur berpengaruh tidak signifikan terhadap nilai kekerasan

$$H_1: \text{Paling sedikit satu } \beta_i \neq 0$$

Temperatur berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan

Dalam pengujian hipotesis dengan menggunakan nilai p, hipotesis nol (H_0) akan ditolak jika nilai p kurang dari atau sama dengan 0,05 ($p \leq 0,05$). Kondisi ini mengindikasikan penerimaan hipotesis alternatif (H_1).

2.3. Proses Heat treatment

Proses pemanasan benda kerja menggunakan *Oven* listrik. *Oven* listrik yang digunakan berbentuk kotak yang sering digunakan untuk proses batch kecil, pengontrolan temperatur pemanasan dapat dilakukan melalui panel yang telah disediakan, temperatur yang bisa dicapai 1300°C pada Gambar 3. Pemanasan benda kerja untuk *hardening* dilakukan pada variasi temperatur 800°C, 840°C dan 880°C. Media pendingin oli, air laut air garam (garam 25 %) *Holding time* pada temperatur pemanasan yang digunakan adalah 40 menit. *Tempering* dilakukan pada temperatur 100°C dan 150°C. Proses *tempering* dilakukan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengetahui penurunan nilai kekerasan. *Holding Time* yang digunakan pada proses *tempering* adalah 60 menit. Mesin uji yang digunakan mampu mengukur nilai kekerasan material besi dan baja Gambar 4.



Gambar 3. Proses Pemanasan Dengan Oven Listrik Deskripsi Mesin



Gambar 4. Proses Pengujian Nilai Kekerasan Dengan Mesin Uji Kekerasan

2.4. Analisis

Analisis dilakukan dengan cara melihat hasil kekerasan tertinggi yang diperoleh setelah dilakukan eksperimen dengan menggunakan metoda Taguchi dan *anova* diikuti dengan pengamatan nilai kekerasan setelah dilakukan proses *tempering*. Analisis dan pengolahan data menggunakan alat batu perangkat lunak Minitab.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan proses *hardening* nilai kekerasan rata-rata benda uji adalah 53 HRA setara dengan 5 HRC [10]. Unsur paduan bahan yang digunakan adalah 0,3- 043 % C, 0,15 – 0,35 % Si, 0,6 – 0,9 % Mn, 1,6 – 2 % P/S, 0,6 – 1 % Cr, 0,15 – 0,3 % Mo. Pelaksanaan eksperimen menggunakan matrik ortogonal yang telah dibuat sebelumnya. Hasil *hardening* ditampilkan oleh Tabel 4. Akibat terjadi perubahan pada struktur mikro [11] maka kekerasan baja menjadi tinggi dari sebelum dilakukan proses *hardening*.

Tabel 3. Hasil Kekerasan Eksperiment

Temperatur(°C)	Media pendingin	nilai	nilai	nilai	rata-rata
		1	2	3	
800	oli	20	23	17	20
800	airlaut	56	56	56	56
800	airgaram	42	37	43	40
840	oli	25	15	19	19
840	airlaut	36	53	54	48
840	airgaram	33	31	33	32
880	oli	18	19	18	18
880	airlaut	54	48	54	52
880	airgaram	27	41	40	36

Hasil Tabel 3 diolah dengan menggunakan *software minitab* untuk mendapatkan nilai parameter kekerasan terbesar. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan metoda Taguchi dan SN rasio yang digunakan adalah *Bigger Is Better*. Hasil pengolahan data eksperimen ditampilkan pada Gambar 5,6 dan 7.

Analysis of Variance for Means						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temp	2	45,21	45,21	22,606	4,55	0,093
Pend	2	1599,31	1599,31	799,654	161,11	0,000
Residual Error	4	19,85	19,85	4,963		
Total	8	1664,37				

Gambar 5. Analysis of Variance

Untuk menganalisis pengaruh temperatur dan jenis media pendingin terhadap nilai kekerasan menggunakan hipotesis sebagai berikut

Hipotesis temperatur

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$$

Temperatur tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan

$$H_1 : \text{Paling sedikit satu } \tau_i \neq 0$$

Temperatur berpengaruh terhadap nilai kekerasan

Hipotesis Media pendingin

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \tau \beta = 0$$

Temperatur tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan

$$H_1 : \text{Paling sedikit satu } \beta_i \neq 0$$

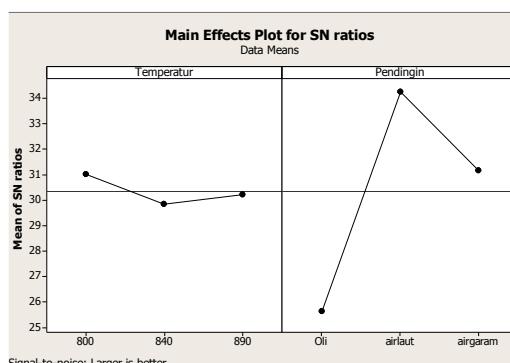
Media pendingin berpengaruh terhadap nilai kekerasan

Berdasarkan nilai hasil analisis varian pada Gambar 5 diperoleh nilai P untuk temperatur adalah 0,093 dan P value media pendingin adalah 0,00 sehingga dapat dikatakan media pendingin berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan material, sedangkan temperatur tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Untuk mencapai kekerasan material yang optimal, hasil eksperimen berdasarkan *Signal noise rasio* diperoleh nilai terbesar pada temperatur level 1 (temperatur 800°C) dengan nilai 30,99 dan media pendingin level 2 (media pendingin air laut) dengan nilai 34,27, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 6 dan gambar 7. Laju pendingin media *quenching* berpengaruh terhadap nilai kekerasan baja [12] dan [13] peningkatan laju pendinginan akan meghasilkan material yang semakin keras [14].

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	Temperatur	Pendingin
1	30,99	25,63
2	29,84	34,27
3	30,21	31,14
Delta	1,15	8,63
Rank	2	1

Gambar 6. Hasil Perhitungan Untuk *Signal Noise Rasio Larger Is Better*



Gambar 7. Grafik *Signal Noise Rasio Larger Is Better*

3.1. Tempering

Proses *Tempering* dilakukan setelah proses benda kerja hasil eksperimen dikeraskan dan diambil nilai kekerasannya. *Tempering* yang dilakukan pada temperatur 100°C dan 150°C dengan penahan suhu selama 60 menit, hasil dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Hasil tempering pada temperatur 100° C

N1	N2	N3	Rata-rata
58	56	54	56

Tabel 5 Hasil tempering pada temperatur 150° C

N1	N2	N3	Rata-rata
55	54	54	54

Jika nilai dari Tabel 4 dan Tabel 5 dijumlahkan maka diperoleh 56 HRC-54HRC=2HRC, ini berarti terjadi pengurangan nilai kekerasan sebesar 2HRC jika temperatur tempering dinaikkan 50 ° C.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menggunakan Baja VCN 150 merupakan baja dengan kandungan karbon menengah, dengan menggunakan eksperimen Taguchi diperoleh nilai kekerasan maksimum sebesar 56 HRC sedangkan kekerasan awal benda uji sebelum menagalami perlakuan adalah 53 HRA. Pencapaian kekerasan maksimum yang diperoleh dapat dicapai dengan menggunakan parameter temperatur pemanasan 800°C dan menggunakan media pendingin air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. . N. N. S. . I. S. I. I. A. H. S. dan . G. B. , "Optimasi Kekerasan dan Ketahanan Impact Baja VCN 150 dengan Variasi Tempering untuk Aplikasi Poros Track Roller Bearing pada Mesin Pembelah Bambu," *JRM*, vol. 18, pp. 355-362, 2023.
- [2] R. R. A. H. . M. F. A. S. E. H. V. N. B. G. S. A. dan S. D. , "Pengaruh Hardening Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Baja AISI 1045," *JMMME*, vol. 1, pp. 14-18, 2020.
- [3] "Analisis pertumbuhan Keausan Pahat Pada Pembubutan Material Mild Steel," *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*, vol. 2, pp. 8-14, 2023.
- [4] F. Bukhori, Hamdani, I. Yusuf dan Z. , "Pengaruh Temperatur Pemanasan (austenisasi) Perlakuan Panas Quenching Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ST 60," *Jurnal Sain Mesin Terapan*, pp. 1-7, 2021.
- [5] M. S. Al Fariz dan A. H. A. Rasyid, "Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan dan Ketangguhan Baja AISI 1045 Aplikasi Poros Motor," *JTM*, pp. 165-170, 2023.
- [6] A. dan E. Yudo, "Analisis Kekerasan Material Baja S45CYang Dilakukan Proses Heat TreatmentSebagaiBahan Alternatif Pisau Pencacah Plastik," *Manutech*, pp. 86-93, 2021.
- [7] A. E. y. dan A. A. N. , "Analisis Pengaruh Nilai Variasi Temperatur Tempering Baja S50C Sebagai Bahan Pisau Mesin Pencacah Plastiik," *Manutech*, vol. 16, pp. 81-88, 2024.
- [8] I. Soejanto, *Desain Eksperimen dengan Metoda Taguchi*, Yogyakarta: Garaha Ilmu, 2009.
- [9] N. Iriawan dan S. P. Astuti, *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan MInitab 14*, Yogyakart: ANDI, 2006.
- [10] T. central, "<https://tubingcentral.com/wp-content/uploads/2017/12/Hardness-Conversion-Chart.pdf>," [Online]. [Diakses Kamis Desember 2023].
- [11] J. R. . S. dan E. L. , "Karakterisasi Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 410 Pada Proses Tempering Dengan Variasi Media Pendingin," *ROTOR*, vol. 13, pp. 43-48, 2020.
- [12] A. T. Wibowo dan K. A. Samlawi, "Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Kekerasan Baja Dan Struktur Mikro Baja S45c," *ROTARY*, vol. 2, pp. 137-148, 2020.
- [13] N. K. W. A. L. I. K. A. W. dan T. A. S. , "Pengaruh Media Pendingin Pada Kekerasan Dan Struktur Mikro Hardening Baja ST 42," *Jurnal Mesin Mesin Material Manufaktur dan Energi*, vol. 4, pp. 23-27, 2024.
- [14] A. Firmansyah, "Analisis Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Nilai Kekerasan Material Baja S45c," *JTM*, vol. 12, pp. 147-150, 2024.