

STUDI VARIASI TEMPERATUR *HARDENING* TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4340 MELALUI *JOMINY TEST*

Kaleb Priyanto^{1*}, Martinus Heru Palmiyanto², Bambang Hari Priyambodo³, Edi Cahyono⁴

^{1,4} Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia

^{2,3} Program Studi Sarjana Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia

*Email: kaleb@sttw.ac.id

ABSTRAK

Baja AISI 4340 merupakan salah satu material yang dipilih sebagai bahan pembuatan komponen mesin. Bagian-bagian mesin seperti batang torak, poros, maupun roda gigi rentan terhadap gesekan dan tekanan. Gesekan dan tekanan yang diterima oleh komponen mesin akan menghasilkan deformasi, sehingga diperlukan perlakuan panas (*heat treatment*) untuk meningkatkan ketahanan fisis material baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan material Baja AISI 4340 melalui pengujian jominy dengan variasi temperatur *hardening*. Empat buah spesimen Baja AISI 4340 disiapkan sebagai sampel uji di antaranya raw material, serta sampel dengan pemanasan 750°C, 800°C, dan 850°C. Setiap sampel diberi perlakuan sesuai standar uji jominy ASTM A255. Hasil pengujian *Hardness Rockwell Tester* Skala C (HRC) menunjukkan nilai rata-rata kekerasan spesimen dengan proses *heat treatment* 800°C mengalami kenaikan 6,01% dari raw material, yaitu sebesar 50,15HRC, 48,6HRC, dan 41,68HRC. Nilai kekerasan spesimen tertinggi diperoleh dari hasil pengujian spesimen dengan proses *heat treatment* 850°C yang mengalami kenaikan nilai kekerasan 7,31% dari raw material yaitu sebesar 51,45HRC, 44,55HRC, dan 44,06HRC. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur akhir pemanasan pada spesimen baja 4340, berdampak ada peningkatan nilai kekerasan yang dihasilkan.

Kata kunci: baja, temperatur, hardening, jominy, rockwell

ABSTRACT

AISI 4340 is one of the steels chosen as a material for making machine components. Machine parts such as piston rods, shafts, and gears are susceptible to friction and pressure. The friction and pressure received by the engine components will result in deformation, so heat treatment is needed to increase the physical resistance of the steel material. This study aims to determine the level of hardness of AISI 4340 Steel material through jominy testing with variations in hardening temperature. Four specimens of AISI 4340 Steel were prepared as test samples including raw material, as well as samples by heating at 750°C, 800°C, and 850°C. Each sample was treated according to the jominy ASTM A255 test standard. The results of the Hardness Rockwell Tester Scale C (HRC) test showed that the average hardness of the specimens with a heat treatment process of 800°C increased by 6.01% from the raw material, namely 50.15HRC, 48.6HRC, and 41.68HRC. The highest specimen hardness value was obtained from the results of specimen testing with a heat treatment process of 850°C which experienced an increase in the hardness value of 7.31% from the raw material, namely 51.45HRC, 44.55HRC, and 44.06HRC. This shows that the higher the final heating temperature on the 4340 steel specimen, the higher the resulting hardness value.

Keywords: steel, temperature, hardening, jominy, rockwell

1. PENDAHULUAN

Logam merupakan material teknik atau bahan baku utama untuk produksi di industri hingga saat ini. Baja karbon merupakan material utama yang digunakan untuk membuat peralatan pertanian, suku cadang mobil, dan barang-barang rumah tangga. Pada aplikasinya, struktur logam akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk akibat gaya luar seperti tegangan gesek benturan, maupun tekanan. Oleh sebab itu, diperlukan perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja untuk membuat material lebih tahan terhadap gesekan dan tekanan. Dalam proses tersebut, baja dipanaskan sampai suhu tertentu kemudian ditahan untuk beberapa waktu, kemudian didinginkan. Perlakuan panas dilakukan untuk memperoleh sifat-sifat baja sesuai kebutuhan. Sifat-sifat yang dapat dihasilkan dari proses perlakuan panas di antaranya material menjadi lebih ulet, keras, butir lebih halus, serta tegangan tarik meningkat. Metalurgi berperan penting dalam memilih logam dengan sifat mekanik yang memenuhi kebutuhan produksi yang lebih tinggi, dan banyak tugas teknik yang terlibat dalam sifat mekanik dan struktur mikro dari bahan logam yang dihasilkan [1]

Baja AISI 4340 adalah salah satu produk material yang banyak digunakan di industri. Menurut standart AISI (*American Iron and Steel Institute*) baja AISI 4340 memiliki komposisi karbon sebesar (0,35 – 0,45)%, Silika sebesar (0,15 – 0,35) %, Mangan sebesar (0,50 – 0,70)%, Fosfor sebesar 0,035%, Sulfur sebesar 0,035%, Nikel sebesar (1,40 – 1,70)%, Chrom sebesar (0,90 – 1,40)%, dan Molibdenum sebesar (0,20 – 0,30)%. Berdasarkan komposisi tersebut, baja AISI 4340 digolongkan sebagai baja paduan rendah karena memiliki kurang dari 2,5% wt unsur paduan seperti Mn, Cr, Mo, Ni, dan yang lainnya. Perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai dapat diterapkan kepada Baja AISI 4340 berdasarkan komposisi elemen paduannya[2].

Tingkat kekerasan baja dapat ditentukan sesuai kebutuhan melalui perlakuan panas yang diterapkan. Tahap-tahap perlakuan panas diawali dengan pemanasan material, dilanjutkan dengan penahanan temperatur pemanasan, kemudian diakhiri proses pendinginan[3]. Perlakuan panas yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan baja AISI 4340 dikenal sebagai proses *hardening*. Pada proses *hardening*, tahap pemanasan dilakukan dengan pengkondisian baja pada suhu di daerah kritis, dengan waktu penahanan tertentu dan diakhiri pendinginan kejut (*quench*)[4]. Teknik pengujian untuk mengetahui tingkat kekerasan material baja yang dihasilkan dari suatu proses *hardening* dikenal dengan metode *jominy test* (uji jominy). Melalui Teknik pengujian jominy, tingkat kemampukerasan baja dapat diketahui. Secara garis besar, pengujian jominy dilakukan dengan menempatkan spesimen baja yang telah dipanaskan diatas nozel saluran air, kemudian menyemprotkan air sebagai media pendingin secara cepat, sehingga bagian ujung bawah spesimen akan mengalami pendinginan terlebih dahulu secara cepat. Setelah perlakuan tersebut diterapkan terhadap benda uji, langkah selanjutnya adalah pengujian kekerasan terhadap benda uji dari titik bagian ujung bawah benda uji hingga mengarah ke bagian atas (bagian yang menjauh dari titik penyemprotan)[5].

Perubahan tingkat kekerasan akibat perlakuan panas yang diterapkan baja berkaitan erat dengan perubahan struktur mikro yang terjadi pada material itu sendiri. Secara garis besar, fenomena struktur mikro yang dapat diamati pada baja setelah mengalami perlakuan panas di antaranya[6]:

1. Ferrit

Terbentuknya *ferrit* disebabkan oleh pendinginan secara lambat dari austenit baja hypotektoid pada saat mencapai A3. *Ferrit* merupakan larutan karbon yang solid dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (Fe). Tingkat kekerasan baja dengan dominasi struktur *ferrit* berkisar antara 70BHN hingga 100BHN, sehingga sangat lunak dan ulet dengan kemampuan konduktifitas yang tinggi.

2. Sementit

Sementit merupakan senyawa karbida besi dengan prosentase karbon 6,67%C. struktur *sementit* memiliki tingkat kekerasan yang berkisar antara 5HRC hingga 68HRC

3. Perlit

Perlit memiliki tingkat kekerasan yang berkisar antara 10HRC hingga 30HRC. Struktur *perlit* terbentuk oleh campuran antara ferrit dan *sementit*. *Perlit* yang terbentuk sedikit di bawah temperatur *eutektoid* mempunyai tingkat kekerasan yang lebih rendah dan membutuhkan waktu inkubasi lebih banyak.

4. Bainit

Bainit adalah fasa yang kurang stabil yang dihasilkan dari *austenit* pada suhu yang lebih rendah dari suhu transformasi ke *perlit* dan lebih tinggi dari transformasi ke *martensit*.

5. Martensit

Martensit adalah larutan padat karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satuannya terdistorsi. Karbon merupakan unsur penyetabil austenit. Pada temperatur 1140 °C terjadi kelarutan maksimum yang berkisar antara 1,7% karbon pada fase *austenit*. Sedangkan kelarutan karbon pada *ferrit* naik dari 0% pada temperatur 910 °C menjadi 0,025% pada temperatur 723 °C. Kelarutan karbon pada *ferrit* menurun menjadi 0,08% pada temperatur kamar saat mengalami pendinginan lanjut.

Beberapa jenis baja memiliki sifat-sifat yang tertentu sebagai akibat penambahan unsur paduan. Salah satu unsur paduan yang sangat penting yang dapat mengontrol sifat baja adalah karbon (C). Jika besi dipadu dengan karbon, transformasi yang terjadi pada rentang temperatur tertentu erat kaitanya dengan kandungan karbon. Berdasarkan pemaduan antara besi dan karbon, karbon di dalam besi dapat berbentuk larutan atau berkombinasi dengan besi membentuk karbida besi (Fe₃C)[7].

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengumpulkan data primer di laboratorium dari proses perlakuan (*treatment*) yang dilakukan. Penelitian dilakukan dengan tujuan mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap suatu obyek yang lain dalam kondisi yang dapat dikendalikan. Pada penelitian ini spesimen diberi perlakuan *hardening* dengan memanaskan material pada variasi suhu yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pendinginan kejut dengan alat uji jominy. Penentuan tingkat kekerasan dilakukan melalui pengujian *hardness rockwell tester* untuk mengetahui nilai kekerasan dan dari tiap-tiap spesimen[8]. Alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

- a) Alat uji jominy
- b) Gergaji pita
- c) *Vernier caliper*
- d) *Bevel Protector*
- e) Alat uji kekerasan *Rockwell hardnees tester*
- f) *Furnace / Oven* logam dengan kontrol suhu.

Bahan yang digunakan adalah Baja AISI 4340.

Metode yang digunakan untuk menganalisa data di dalam penelitian ini adalah teknik analisis statistik deskriptis. Data mentah yang diperoleh dari pengujian diolah dalam persamaan rata-rata yang ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad (1)$$

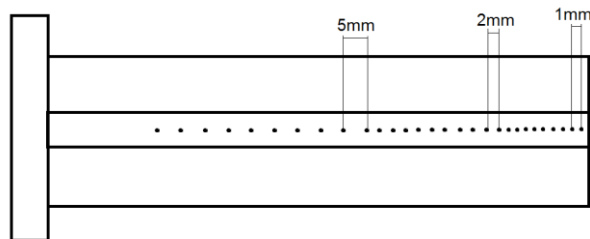
Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata

$\Sigma \eta$ = nilai akhir/skor tiap spesimen

N = jumlah spesimen.

Data yang dihasilkan dari proses pengujian adalah data kuantitatif berupa angka-angka yang memberikan penjelasan tentang perbandingan antara data logam *raw materials*, logam yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 750°C, 800°C, dan 850°C. Jarak indentasi pengujian HRC ditunjukkan oleh Gambar 1.



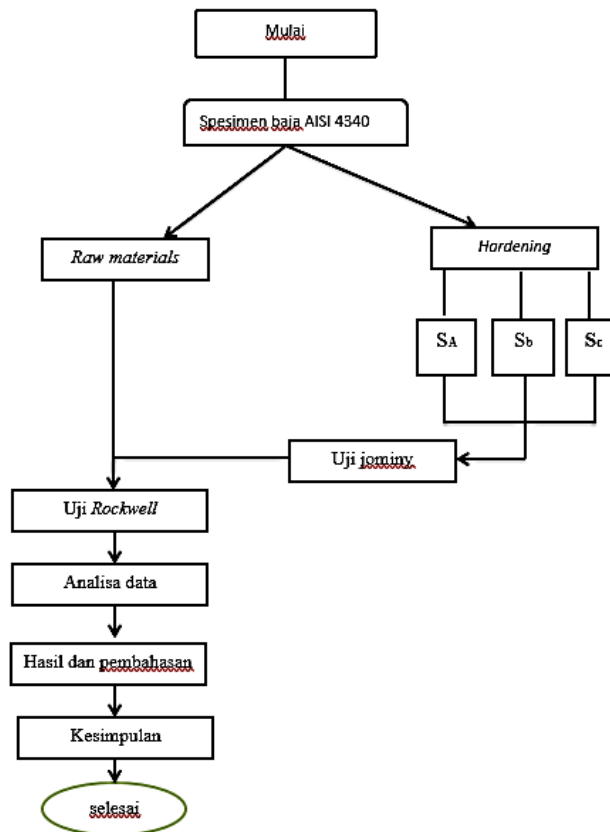
Gambar 1. Titik pengujian kekerasan HRC

Pengujian kekerasan dilakukan sesuai standar *Hardness Rockwell Terster* skala C (HRC). Gambar 2 menunjukkan alat uji kekerasan *Hardness Rockwell Terster* yang digunakan di dalam penelitian ini.



Gambar 2. *Hardness Rockwell Terster*

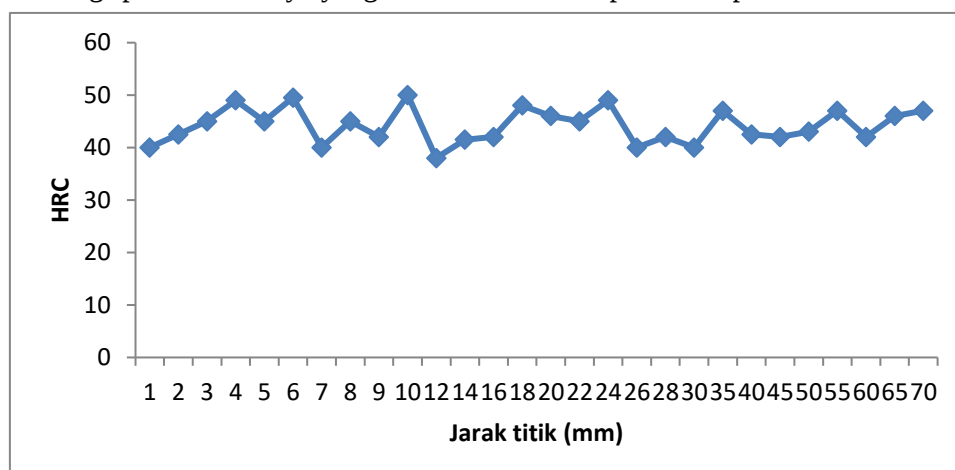
Spesimen A (SA) merupakan kode untuk specimen yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 750°C. Spesimen B (SB) merupakan kode untuk specimen yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 800°C, Spesimen C (SC) merupakan kode untuk specimen yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 850°C. Spesimen yang tidak diberi perlakuan diberi kode RM (*Raw material*). Diagram alir penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

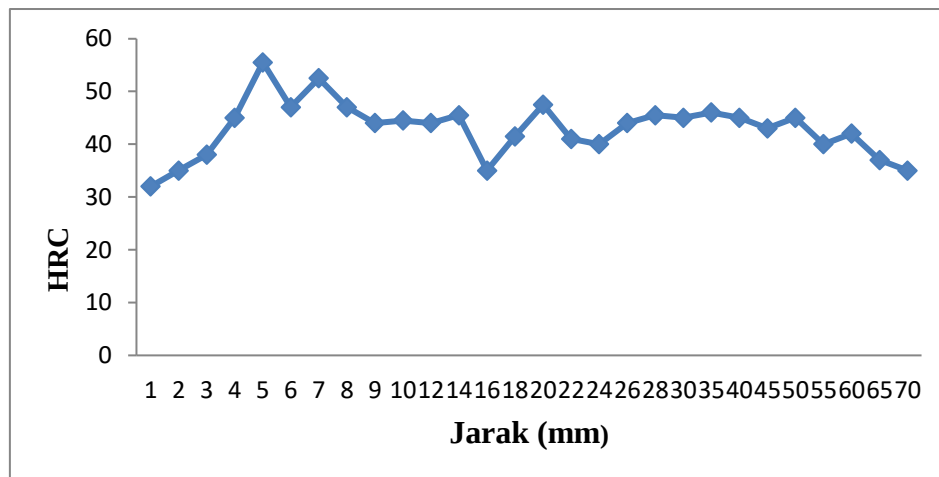
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik hasil pengujian kekerasan spesimen RM (*raw material*) ditunjukkan oleh Gambar 4. Spesimen RM memiliki nilai kekerasan rata-rata 44,8 HRC pada jarak 1 mm hingga 10 mm, 43,15HRC pada jarak 11 mm hingga 30 mm, serta 44,56HRC pada jarak 31 mm hingga 80 mm. Nilai kekerasan spesimen RM digunakan sebagai acuan pembandingan spesimen lainnya yang diberi variasi suhu perlakuan panas.



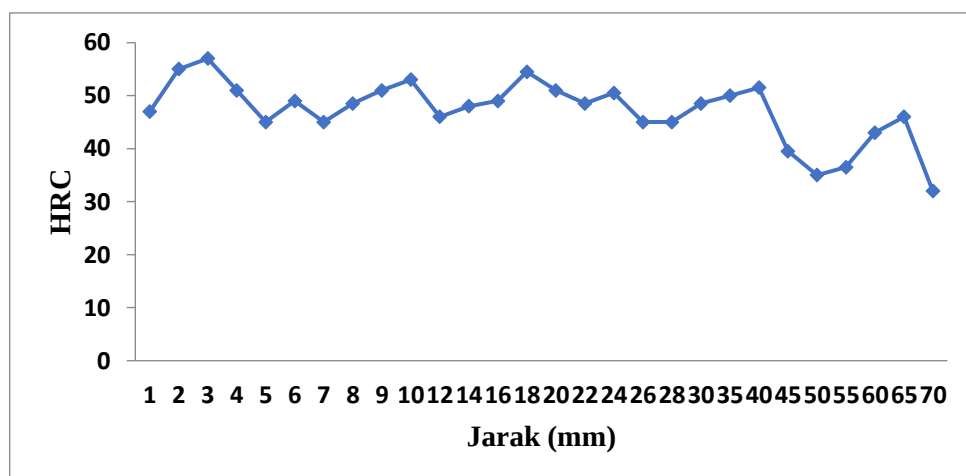
Gambar 4. Grafik hasil pengujian kekerasan spesimen RM

Rata-rata nilai kekerasan SA (spesimen dengan temperatur *hardening* 750°C) sebesar 43,65HRC pada titik pengujian yang berjarak 1 mm hingga 10 mm. Pada jarak 11 mm hingga 30 mm nilai kekerasan rata-rata yang diperoleh SA adalah 42,9HRC, sedangkan pada jarak 31 mm hingga 80 mm nilai kekerasan SA sebesar 41,62HRC. Nilai kekerasan SA mengalami penurunan sebesar 0,49% apabila dibandingkan dengan nilai kekerasan yang dimiliki oleh spesimen *raw material*. Kekerasan spesimen RM masih lebih tinggi daripada kekerasan SA dikarenakan pendinginan baja 4340 setelah *quenching* dilakukan pada kondisi *non-equilibrium*, sehingga ukuran butir ferrit dan perlitnya lebih halus. Grafik hasil pengujian kekerasan SA ditunjukkan oleh Gambar 5.



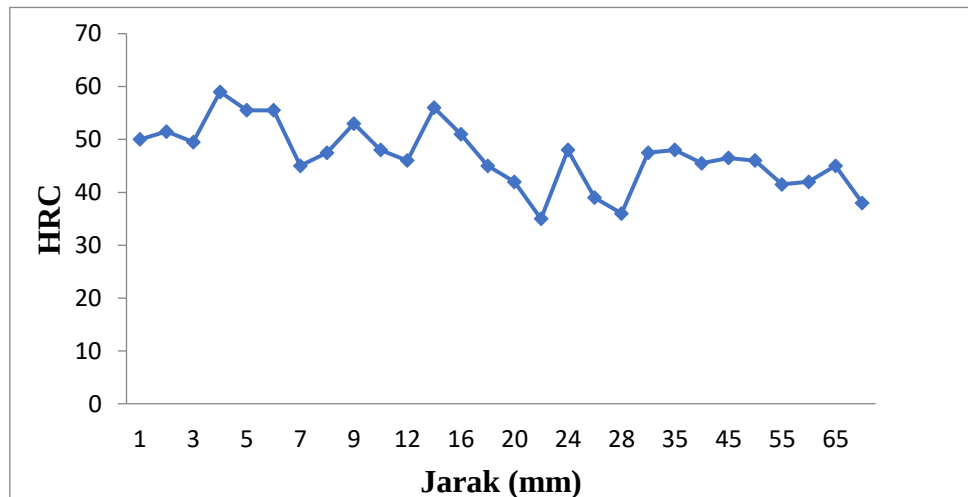
Gambar 5. Grafik hasil pengujian kekerasan spesimen SA

Nilai kekerasan spesimen SB (spesimen dengan temperatur *hardening* 800°C) sebesar 50,15HRC pada jarak titik pengujian 1 mm hingga 10 mm. Pada jarak pengujian 11 mm hingga 30 mm, rata-rata nilai kekerasannya sebesar 48,6HRC. Sementara itu, nilai kekerasan rata-rata sebesar 41,68HRC diperoleh pada pengujian yang dilakukan dengan jarak 31 mm hingga 80 mm. Kenaikan nilai kekerasan terjadi sebesar 6,01% dari spesimen RM. Grafik hasil pengujian yang dilakukan terhadap SB ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian kekerasan spesimen SB

Rata-rata Nilai kekerasan spesimen SC (spesimen dengan temperatur *hardening* 850°C) sebesar 51,45HRC pada titik pengujian 1 mm hingga 10 mm. Pengujian yang dilakukan pada titik pengujian 11 mm hingga 30 mm memperoleh rata-rata nilai kekerasan sebesar 48,6HRC. Sedangkan pada titik 31 mm hingga 80 mm menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 41,68HRC. Nilai yang dihasilkan tersebut mengalami kenaikan sebesar 7,31% dari rata-rata nilai kekerasan spesimen RM. Grafik hasil pengujian kekerasan terhadap SC ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian kekerasan spesimen SB

4. KESIMPULAN

Besarnya nilai kekerasan baja 4340 tanpa adanya perlakuan panas rata-rata adalah 49 HRC, kekerasan baja dengan temperatur perlakuan panas 750°C adalah 43,65 HRC pada bagian ujung dengan waktu pendinginan yang lebih cepat dan cenderung turun sampai rata-rata 41,625 HRC pada bagian yang lain dengan waktu pendinginan yang lebih lambat. Baja dengan temperatur perlakuan panas 800°C memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 50,15 HRC pada salah satu ujungnya dan menurun hingga 41,68 HRC pada bagian yang lain. Sementara itu, baja dengan temperatur perlakuan panas 850°C adalah 51,45 HRC pada salah satu ujungnya dan turun hingga 44,06 HRC pada bagian yang lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur akhir pemanasan pada spesimen maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan relatif lebih tinggi. Selain itu perbedaan kekerasan antara ujung satu dengan ujung lainnya terjadi karena adanya perbedaan waktu pendinginan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L.H.V. Vlack, Ilmu dan Teknologi Bahan alih bahasa Sriati Djaprie, Edisi kelima. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [2] B. Bandanadjaja, C. Ruskandi, "Perlakuan Panas Material AISI 4340 Untuk Menghasilkan Dual Phase Steel Ferrit-Bainit." Bandung: POLMAN, 2016
- [3] T. Surdia, Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1989.
- [4] ASME, Standard Test Method for End Quench Test for Hardenability of Steel, New York: American Society for Testing and Materials, 1998.

- [5] Yusuf, A. Ruchiyat, dan M. Anhar, “Pengaruh jarak nozzle penyemprot terhadap kemampukerasan baja komersil dengan metode jominy test,” *Turbo*, vol. 9, no. 2, hlm. 226–230, 2020, doi: [dx.doi.org/10.24127/trb.v9i2.1304](https://doi.org/10.24127/trb.v9i2.1304).
- [6] R. E. Purwanto, A. Murdani, dan Nurchajat, *Perlakuan Bahan*. Malang: Polinema Press, 2016.
- [7] A. Ruchiyat, M. Anhar, Y. Yusuf, dan B. S.E. Polonia, “The Effect Of Heating Temperature On The Hardness, Microstructure And V-Bending Spring Back Results On Commercial Steel Plate,” *J.Appl. Eng. Technol. Sci. JAETS*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–16, Nov 2019, doi: [10.37385/jaets.v1i1.10](https://doi.org/10.37385/jaets.v1i1.10).
- [8] ASM Handbook, “Properties and Selection: Irons Steels and High Performance Alloys”. Volume 1, ASM International, USA. 2005.