

Studi eksperimental variasi media pendingin dan *holding time* tempering terhadap kekerasan material pengganti *pin track link* excavator 305.5E2

Auliana Diah Wilujeng^{1*}, Misbakhul Fatah², Laily Ulfiyah³

¹Politeknik Negeri Madura

Jalan Raya Camplong Km. 4, Camplong, Sampang, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura

Jalan Raya Camplong Km. 4, Camplong, Sampang, Indonesia

*Corresponding author: auliana_dw@poltera.ac.id

Abstract

The frequency of using heavy equipment that exceeds capacity often occurs in construction projects. This can cause components to fail or wear out as in track link pin components. Therefore, this study aims to obtain a good quality of heat treatment using quenching and tempering methods, to the hardness values of AISI 1045 and AISI 1037 steels for replace the track link pin components of Excavator 305.5E2. In this study, the method of heat treatment is hardening with a temperature of 800°C. After that it is cooled quickly using water and oil media. After that, the specimens were tempered based on differences in holding times of 30, 35, 40 minutes. Specimens that have been heat treated will be tested using a hardness test using the Vickers method. From the results of this study, it was found that the effect of the cooling medium and holding time on the hardness value of AISI 1045 steel. At a holding time of 30 minutes the hardness value was 41.5 HRC. Meanwhile, in water media at a holding time of 30 minutes, the hardness value is 32.2 HRC.

Keywords: *track link pin; cooling medium; holding time of tempering; heat treatment; excavator.*

Abstrak

Frekuensi penggunaan alat berat yang melebihi kapasitas sering terjadi pada proyek pembangunan. Hal ini dapat membuat komponen mengalami kegagalan atau keausan seperti pada komponen pin track link. Maka dari itu penelitian ini bertujuan mendapatkan kualitas yang baik dari perlakuan panas menggunakan metode quenching dan tempering, terhadap nilai kekerasan pada baja AISI 1045 dan AISI 1037 untuk mengganti komponen Pin track link Excavator Catepillar 305.5E2. Pada Penelitian ini menggunakan metode perlakuan panas yaitu hardening dengan suhu 800°C. Setelah itu didinginkan secara cepat menggunakan media air dan oli. Setelah itu spesimen dilakukan tempering berdasarkan perbedaan holding time 30, 35, 40 menit. Spesimen yang telah diperlakukan panas akan diuji menggunakan alat hardness test dengan metode vickers. Dari hasil penelitian ini, didapatkan nilai kekerasan baja AISI 1045 dengan pengaruh pada media pendinginan oli dan tempering. Pada holding time 30 menit nilai kekerasannya 41,5 HRC. Sedangkan pada media air pada holding time 30 menit nilai kekerasannya 32.2 HRC.

Kata kunci: *pin track link; media pendingin; waktu tahan tempering; perlakuan panas; excavator.*

Pendahuluan

Excavator merupakan salah satu kendaraan alat berat yang umum digunakan

pada proyek-proyek pembangunan, khususnya di Indonesia. Adanya excavator dalam suatu proyek bertujuan untuk memindahkan material berat, meratakan

tanah, penggalian tambang, dan sebagainya. Bagian terpenting dari suatu excavator adalah pada bagian *undercarriage*-nya [1]. Banyak komponen *undercarriage* yang keberadaannya sangat penting namun cepat mengalami kegagalan karena aus, salah satunya adalah *pin track link*. *Pin track link* merupakan komponen penting dalam *undercarriage* yang dikombinasikan dengan bushing untuk menyambung dan memutuskan rangkaian track link. Ketika sproket berputar, maka track link akan berputar dan berubah menjadi gerakan menggulung, sehingga memungkinkan kendaraan untuk berjalan. Gesekan yang timbul antara *pin track link* dan bushing dapat menyebabkan kegagalan patah. Sifat material yang dibutuhkan oleh *pin track link* adalah keras di kulit bagian luar untuk menahan gesekan yang dapat menyebabkan aus. Namun, bagian dalam *pin track link* harus ulet agar tidak mudah patah saat menerima beban. Oleh karena itu, dibutuhkan perlakuan panas yang dikombinasikan dengan pendinginan cepat sehingga mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan.

Komposisi material *pin track link* adalah Fe sebesar 97,57 % dan C sebesar 0,426 % sehingga termasuk ke dalam kategori baja sedang [2]. Hal ini juga setara dengan baja AISI 1045 dan AISI 1037 yang memiliki komposisi unsur serupa dengan *pin track link*. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang perlakuan panas dan pendinginan cepat dengan *tempering* pada material AISI 1045 dan AISI 1037 untuk mendapatkan sifat mekanik serupa dengan *pin track link*.

Perlakuan panas dilakukan bertujuan untuk menghilangkan tegangan dalam material, meningkatkan tegangan tarik serta meningkatkan kekerasan logam [3], [4]. Sedangkan setelah itu dilakukan pendinginan cepat. Pendinginan cepat bertujuan untuk mempertahankan kondisi larutan-padat (austenit) yang telah terbentuk untuk meningkatkan kekerasan material [5], [6]. Beberapa penelitian tentang perlakuan panas sudah pernah dilakukan oleh beberapa

orang. Wibowo dan Samlawi pada tahun 2020 telah melakukan penelitian tentang pengaruh *quenching* dengan media pendingin air dan oli terhadap kekerasan dan struktur mikro baja S45C. Objek yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *sun gear* pada excavator. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut menunjukkan pengaruh temperatur saat *heat treatment* terhadap kekerasan dan struktur mikro. Selain itu penelitian tersebut menunjukkan pengaruh media pendingin terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro. Dengan dasar penelitian tersebut, dilakukan penelitian ini dengan menetapkan temperatur saat *heat treatment* adalah 800°C dengan variasi media pendingin berupa air, oli, dan udara pada material AISI 1045 dan AISI 1037.

Tinjauan Pustaka

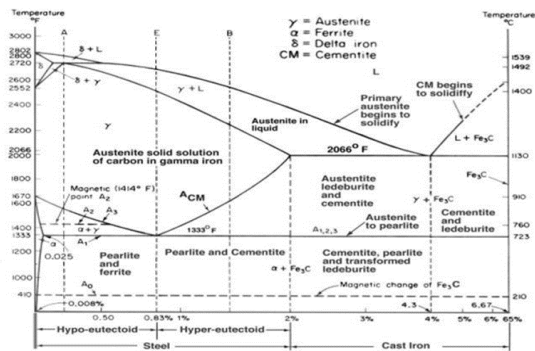
Heat Treatment atau Proses perlakuan panas yang dimana pada umumnya berfungsi untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan. Perlakuan panas didefinisikan dari kombinasi proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat.

Perlakuan panas ini bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya dan keuletan bahan.

a. Digram Fasa Besi-Karbon

Digram Fasa Besi-karbon atau diagram Fe-Fe₃C yaitu diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dan kandungan karbon (%C) selama pemanasan lambat. Adapun fasa dalam diagram ini yaitu dengan simbol *Austenite* (γ), *Ferrite* (α), *Bainite* (α), *Martensite* ($\acute{\alpha}$). Berikut gambar 2.7 dari

diagram keseimbangan besi-karbon sebagai dasar dari bahan yang berupa besi baja.



Gambar 1. Diagram Fe_3C

b. Hardening

Hardening merupakan salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan memanaskan benda kerja dalam *furnace* (tungku). pada temperatur yang ditentukan selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan secara cepat dengan media pendingin seperti air, air garam, oli dan solar [7].

c. Holding Time

Holding time merupakan metode yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening*. Dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang *homogen* sehingga struktur austenitnya *homogen* atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya. Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna, dan tidak homogen selain itu waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah. Hal ini dikarenakan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan. Sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan [7].

d. Quenching

Quenching adalah proses pendinginan yang sangat cepat, setelah mengalami perlakuan panas, pada proses ini baja

langsung didinginkan secara cepat dengan cara dicelupkan ke dalam media pendingin air atau oli. *Quenching* berfungsi untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan *strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dihasilkan juga tergantung pada kandungan karbon, temperatur pemanasan, *holding time* dan laju pendinginan yang dilakukan juga ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (*martensite* yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur *austenite* ($800^{\circ}C$), karena hanya struktur ini yang dapat bertransformasi menjadi *martensite* [8].

e. Tempering

Baja yang telah diperlakukan panas menjadi keras dan bersifat rapuh juga tidak cocok untuk digunakan. Oleh karena itu dengan cara melalui *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Bila kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula, sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Proses ini diawali dengan pemanasan kembali pada baja yang telah dikeraskan dengan suhu dibawah suhu kritis lalu dilanjutkan dengan pendinginan. Pada Proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak [9].

f. Sifat material

Sifat mekanik adalah kemampuan suatu bahan atau untuk menerima beban, gaya atau energi tanpa menimbulkan kerusakan pada komponen. Berikut ini beberapa sifat mekanik diantara lain :

- *Kekuatan (strength)* kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan kekuatan torsi dan kekuatan lengkung.
- *Kekerasan (hardness)* kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus

(wear resistance). Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

- Kekakuan (*stiffness*) kemampuan bahan menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan.

Berbagai sifat mekanik tersebut juga dapat dibedakan menurut cara pembebanannya, yaitu sifat mekanik *statis*, sifat terhadap beban statik, yang besarnya tetap atau berubah dengan lambat, dan sifat mekanik *dinamik*, sifat mekanik terhadap beban yang berubah-ubah atau mengejut. Perlu dibedakan karena tingkah laku bahan mungkin berbeda terhadap cara pembebanan yang berbeda [10].

g. Pengujian Vickers

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *vickers* bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan pada suatu material, penggunaan metode ini adalah dengan penumbuk berupa piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar bujur sangkar dari piramida untuk sisi yang saling berhadapan adalah 136° . Gambar 2 menunjukkan ilustrasi pengujian kekerasan vickers dengan indenter piramida intan. Setelah mendapatkan data berupa panjang kedua diagonal indenter, nilai kekerasan vickers dapat didapatkan melalui persamaan 1.



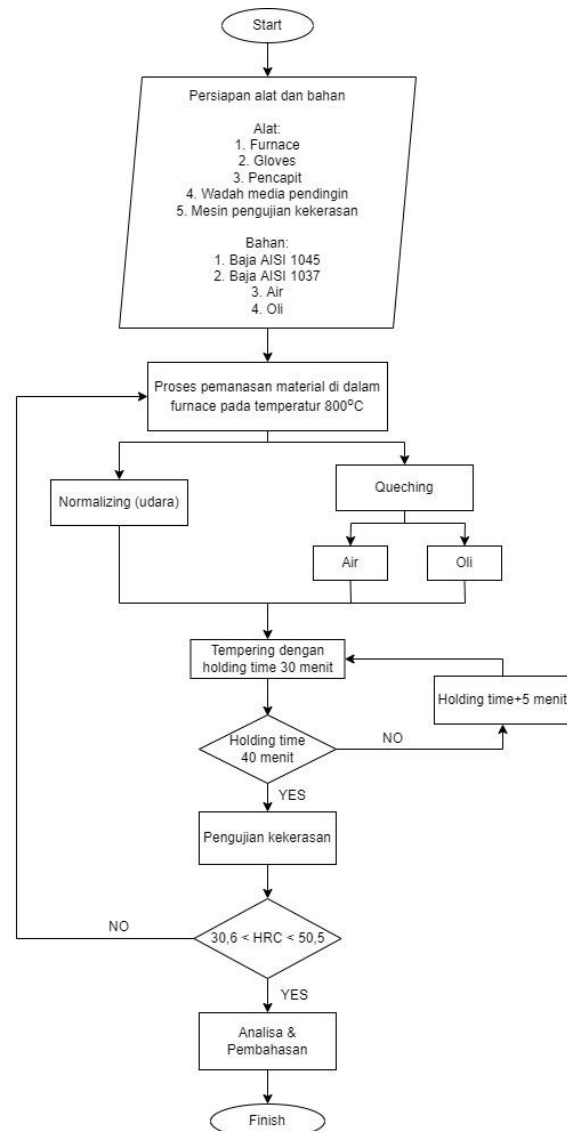
Gambar 2. Metode pengujian vickers [9]

$$VHN = 1,854 \frac{P}{D^2} \quad (1)$$

Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pengujian eksperimen di laboratorium. Mulanya, kedua material

(AISI 1045 dan AISI 1037) dipotong dengan ukuran diameter 28 mm dan panjang 30 mm. Setelah pemotongan, spesimen dilakukan proses perlakuan panas. Adapun alur penelitian saat *heat treatment* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart pengujian

Spesimen dipanaskan dalam furnace hingga mencapai 800°C karena pada temperatur tersebut, struktur mikro spesimen telah menjadi austenite karena hanya struktur mikro austenite yang dapat bertransformasi menjadi martensite. Dimana struktur martensite akan meningkatkan sifat kekerasan suatu material [5][6][11]. Setelah mencapai temperatur tersebut, dilakukan *holding time* selama 2

jam untuk memperoleh pemanasan yang homogen. Setelah itu kedua material didinginkan secara cepat sesuai variasi yang ditentukan. Proses *quenching* pada material yang memiliki struktur mikro awal austenite akan berubah menjadi struktur mikro martensit. Hal ini dikarenakan unsur karbon bebas yang terlarut dalam austenit tidak memiliki cukup waktu untuk berdifusi keluar [12]. Adapun variasi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi media pendingin pada spesimen AISI 1045 dan AISI 1037

Media Pendingin	Holding time (menit)		
	30	35	40
Udara	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
Air	Variasi 4	Variasi 5	Variasi 6
Oli	Variasi 7	Variasi 8	Variasi 9

Pendinginan yang dilakukan ada dua cara, yaitu normalizing dan *quenching*. Pada pendinginan normalizing, spesimen hanya diletakkan pada udara terbuka dan dibiarkan hingga temperatur sama dengan temperatur ruang. Media pendingin *quenching* yang digunakan adalah air dan oli bekas. Pemilihan media pendingin oli digunakan karena salah satu yang memiliki unsur karbon didalamnya [13]. Setelah pendinginan berlangsung, spesimen dipanaskan kembali ke temperatur 450°C. Hal ini dilakukan untuk membuat lapisan luar keras dan lapisan dalam lebih lunak.

Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapat dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan spesimen yang telah dilakukan perlakuan panas, *quenching* maupun normalizing, dan *tempering*. Pengujian kekerasan vickers dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan material. Hasil pengujian vickers ini dikonversi ke dalam nilai HRC (nilai kekerasan untuk metode Rockwell tipe C). Nilai kekerasan yang didapatkan harus berada dalam rentang kekerasan untuk *pin track link* yaitu 30,6-50,5 HRC. Berdasarkan hasil pengujian,

didapatkan data pengujian kekerasan yang disajikan dalam Tabel 2 berikut.



Gambar 4. Spesimen hasil perlakuan panas

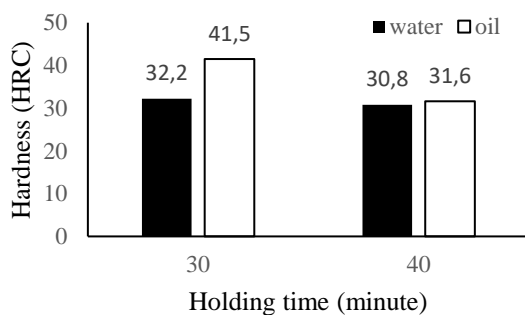
Tabel 2. Data pengujian kekerasan (HRC)

Media Pendinginan	Material uji	Waktu tempering (menit)		
		30	35	40
Air	AISI 1045	32.2	13.82	30.8
	AISI 1037	10.2	-	-
Oli	AISI 1045	41.5	29.0	31.6
	AISI 1037	-	-	-
Udara	AISI 1045	29.8	17.21	14.27
	AISI 1037	-	10.2	-

Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan hanya empat spesimen yang memenuhi standar ukuran nilai kekerasan pada *pin track link* yaitu spesimen AISI 1045 dengan media pendingin air pada *holding time* 30 menit dan 40 menit serta spesimen AISI 1045 dengan media pendingin oli pada *holding time* 30 menit dan 40 menit. Diketahui bahwa spesimen AISI 1037 pada semua variasi tidak masuk ke dalam standar kekerasan *pin track link*. Hal ini dikarenakan kadar karbon dalam AISI 1037 tergolong rendah (0,32-0,36%) [14], sehingga tidak masuk ke dalam nilai kekerasan rockwell C, dimana rockwell C digunakan untuk material yang sangat keras.

Untuk menunjukkan pengaruh media pendingin dan *holding time* terhadap kekerasan material, disajikan grafik pada

Gambar 5. Grafik tersebut menunjukkan pada *holding time* 30 menit memiliki nilai kekerasan HRC yang relatif lebih besar daripada *holding time* 40 menit pada semua variasi media pendingin. Hal ini dikarenakan unsur karbon dalam struktur martensit memiliki waktu yang cukup untuk berdifusi keluar menjadi struktur ferrit dan bainit [12][15-17]. Sedangkan jika ditinjau dari variasi media pendingin, media pendingin oli cenderung memiliki nilai kekerasan HRC lebih tinggi daripada media pendingin air pada semua variasi *holding time*. Hal ini dikarenakan oli memiliki unsur karbon sedangkan air tidak. Hal ini menyebabkan terbentuknya selaput karbon pada spesimen sehingga kadar karbon dalam spesimen meningkat [15].



Gambar 5. Grafik pengaruh *holding time* dan media pendingin terhadap nilai kekerasan *pin track link*

Kesimpulan

Variasi *holding time tempering* dan variasi media pendinginan *quenching* memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan suatu material. Semakin tinggi *holding time tempering* maka nilai kekerasan akan menurun dan sebaliknya. Sedangkan variasi media pendinginan *quenching* berupa oli memberikan nilai kekerasan lebih tinggi daripada media pendingin air. Adapun material yang termasuk dalam standarisasi nilai kekerasan *pin track link* dari yang terbesar hingga terkecil adalah AISI 1045 dengan media pendingin oli dan *holding time* 30 menit (41,5 HRC), lalu AISI 1045 dengan media pendingin air dan *holding time* 30 menit (32,2 HRC), lalu AISI 1045 dengan media pendingin oli dan *holding time* 40 menit

(31,6 HRC), dan AISI 1045 dengan media pendingin air dan *holding time* 40 menit (30,8 HRC).

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Malang dan Politeknik Negeri Madura atas dukungannya dalam menyediakan sarana laboratorium berupa oven dan peralatan lainnya saat proses perlakuan panas serta laboratorium uji kekerasan sehingga terselesaikannya penelitian ini.

Referensi

- [1] M. T. Praditya, "Analisa Keausan dan Umur Pakai Undercarriage Excavator PC200-2 Komatsu Pada Komponen Track Shoe, Track Roller Dan Carrier Roller dengan Diagram Fishbone," Sanata Dharma University, 2021.
- [2] E. Santoso and N. H. Setiawan, "Analisa Pengaruh Variasi Holding Time Dan Variasi Kadar Garam Media Pendingin Pada Perlakuan Panas Baja Aisi 1045 Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Logam," *Mek. -JURNAL Tek. MESIN*, vol. 6, no. 1, pp. 18–22, 2020.
- [3] M. Rohmah, D. Irawan, and T. B. Romijarso, "Pengaruh penempaan dan perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi pada modifikasi baja laterit A-588," *Pus. Penelit. Metal. dan Mater. LIPI*, vol. 36, no. 1, pp. 33–42, 2021.
- [4] G. Priyotomo, I. N. G. P. Astawa, and F. Rokhmanto, "Efek Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Logam Stainless Steel Seri J4," *TEKNIK*, vol. 42, no. 2, pp. 117–122, 2021.
- [5] G. D. Haryadi, A. F. Utomo, and I. M. W. Ekaputra, "Pengaruh Variasi Temperatur Quenching dan Media Pendingin terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI1045," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, pp.

- 255–264, 2021.
- [6] N. T. Atmoko, Margonoa, and B. H. Priyambodo, “Analisa Jenis Fluida Pendingin Proses Quenching pada Besi Cor Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro,” *ROTASI*, vol. 23, no. 3, pp. 26–30, 2021.
- [7] S. B. Pratomo, H. Hafid, and S. Harbintoro, “Pengembangan Teknologi Proses Pembuatan Komponen Track Link Tank Scorpion Untuk Menanggulangi Cacat Cor,” *Indones. J. Ind. Res.*, 2014.
- [8] A. S. Arlingga, S. Somawardi, and S. Sugianto, “Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses Hardening-Tempering,” *SJoME*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [9] H. F. Nurdiawan, “Pengaruh perlakuan panas quenching dan tempering terhadap kekerasan dan struktur mikro sambungan logam las plat baja ST-60 dengan pengelasan MIG (metal inert gas),” Universitas Negeri Semarang, 2017.
- [10] I. K. Suarsana, *Diktat Ilmu Material Teknik*. Denpasar, 2017.
- [11] A. T. Wibowo and A. K. Samlawi, “Pengaruh proses quenching dengan media pendingin air dan oli terhadap kekerasan baja dan struktur mikro baja S45C,” *ROTARY*, vol. 2, no. 2, pp. 137–148, 2020.
- [12] G. L. N. Insan, R. Rochiem, and A. T. Wibisono, “Analisis Pengaruh Variasi Holding Time dan Temperatur Tempering Terhadap Kekerasan Baja AISI 4340 untuk Komponen Poros Pompa Sentrifugal Multistage Horizontal dengan Metode Kang dan Lee Equation,” *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. F176–F181, 2019.
- [13] Y. Sari and C. D. C. Prasetyo, “Pengaruh penambahan carbon dan proses quenching dengan coolant pada hasil pengelasan elektroda E6013 terhadap tingkat kekerasan,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [14] “Komposisi Kimia Baja AISI 1037.” [Online]. Available: <https://www.jfs-steel.com/id/steelDetail/AISI-1037/AISI-1037.html>.
- [15] H. S. Avner, *Introduction to Physical Metallurgy. 2nd edition*. New York: McGrawHill International Editions, 1974.
- [16] Budianto, E., Choiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). Hardening baja AISI 1045 menggunakan gel aloe vera sebagai media pendingin. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 55-64.
- [17] Indratmoko, A. L., Nugroho, E., Asroni, A., & Budiyanto, E. (2020). Pengaruh Holding Time dan media pendingin pada proses quenching terhadap kekerasan dan kekuatan Impact pegas daun sebagai alternatif pengganti pisau slicer penuai tebu. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 1(2), 82-95.