



Analisa Pengaruh Perlakuan Panas *Quench-Temper* terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Tarik Baja JIS SUP 9

Zainuri Anwar^{a*}, Risky Irawan^a

^a Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Jln Lintas Timur Rt 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Jambi, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 00 Desember 00
Diterima setelah direvisi 00 Januari 00
Disetujui 00 Februari 00

Kata kunci:

Quenching
Tempering
Vickers

Abstract- The raw material for making springs must have mechanical properties following the spring standards because the spring was receiving a dynamic load. This study aimed to improve the mechanical properties of the metal used as a material for making leaf springs. The material used is JIS SUP 9 steel which has a carbon content of 0.52-0.6%. The method used in this research is quenching and quench-tempering heat treatment. The used cooling medium was water, and the tempering temperature was at 300 °C. The mechanical properties of each specimen were tested by Vickers hardness and tensile test. The best heat treatment for material preparation is a quench-temper process, and the result was met with the manufacture of leaf spring. The findings explained that the hardness and tensile strength values were 504 HVN and 1555 N/mm², respectively. This study could be a new insight for the leaf spring manufacture in the automotive industry.

Intisari- Bahan baku pembuatan pegas haruslah mempunyai sifat mekanik yang sesuai dengan standar pegas karena pegas menerima beban dinamis yang terus menerus. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik logam yang digunakan sebagai bahan pembuatan pegas daun. Bahan yang digunakan adalah baja JIS SUP 9 yang memiliki kadar karbon 0,52-0,6%. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan perlakuan panas *quenching* dan *quench-temper*. Media pendingin yang digunakan yaitu air, dan temperatur *tempering* ditetapkan 300 °C. Sifat mekanik dari masing – masing spesimen diuji dengan pengujian kekerasan *vickers* dan pengujian tarik. Perlakuan terbaik untuk persiapan material adalah proses quench-temper, dan hasil perlakuan sesuai dengan standar pembuatan pegas daun. Hasil penelitian menjelaskan bahwa nilai kekerasan dan kekuatan tarik terbaik adalah 504 HVN dan 1555 N/mm², secara berurutan. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengetahuan baru pembuatan pegas daun pada industri otomotif.

1. Pendahuluan

Sistem suspensi kendaraan merupakan bagian yang sangat penting karena dapat mempengaruhi keamanan dan kenyamanan bagi pengendara. Komponen utama pada bagian suspensi kendaraan adalah pegas yang berfungsi sebagai peredam beban dinamis yang berasal dari permukaan jalan. Pada kendaraan berat seperti truk, pegas yang banyak digunakan adalah jenis pegas daun (*leaf spring*). Pegas jenis ini mampu menahan beban dinamis yang lebih besar dari pada pegas jenis lain serta hemat dalam hal perawatan.

Baja JIS SUP 9 merupakan bahan baku dalam pembuatan pegas daun. Material yang digunakan haruslah memiliki sifat mekanik tertentu

agar dapat memenuhi spesifikasi sebagai baja pegas. Sifat mekanik tersebut antara lain kekuatan elastis, ketangguhan dan *resilience*. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik baja tersebut adalah dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas dilakukan untuk mempermudah proses machining, menghilangkan tegangan dalam, menghomogenkan ukuran butiran, memperbaiki keuletan dan kekuatan material, mengeraskan logam sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat. Proses ini terdiri dari beberapa tahapan dimulai dengan pemanasan sampai temperatur tertentu. Yang membedakan proses perlakuan panas dengan proses perlakuan panas yang lain adalah tinggi temperatur pemanasan, lamanya waktu penahanan dan laju pendinginan. Pada proses pendinginan kembali, austenit akan

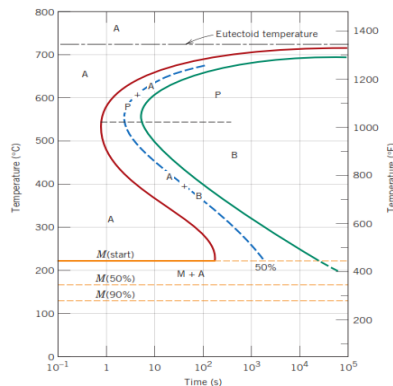
bertransformasi lagi dan struktur mikro yang terbentuk tergantung pada laju pendinginan. Dengan laju pendinginan yang berbeda akan terbentuk struktur mikro yang berbeda, tentunya sifat mekaniknya pun akan berbeda [1]. Sifat mekanik yang dihasilkan dari proses tersebut selanjutnya dapat dianalisa dengan melakukan pengujian merusak seperti uji kekerasan, uji tarik, dan uji dampak.

Perbedaan temperatur pada saat proses perlakuan panas mempengaruhi sifat mekanik logam tersebut. Ketangguhan suatu material meningkat ketika material dipanaskan diatas temperatur *austenit* (850°C) dan selanjutnya dilakukan proses tempering 600°C. Semakin tinggi temperature *tempering* kekuatan dampak akan semakin meningkat akan tetapi nilai kekerasan logam tersebut menjadi menurun. Pada kondisi ini struktur mikro yang dibentuk berupa *ferrite*, *pearlite* dan *martensit temper* [2] [3].

Untuk meningkatkan nilai kekerasan suatu material perlu dilakukan proses *quenching*. Media pendingin yang digunakan biasanya air ataupun oli. Semakin cepat proses pendinginan maka nilai kekerasan material tersebut akan semakin meningkat. Hasil struktur mikro spesimen *raw material* didapatkan fasa *ferrite*, *pearlite* halus dan *bainite* [4]. Selain itu, meningkatnya nilai kekerasan logam juga dipengaruhi oleh waktu penahanan (*holding time*). Perlakuan ini menyebabkan pembentukan karbida dan austenit pada spesimen. Sedangkan hasil uji kekerasan didapatkan semakin lama waktu penahanan maka semakin meningkat nilai kekerasan logam tersebut. Penahanan pada temperature austenite memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan terjadi difusi karbon [5] [6].

1.1 Quenching

Perlakuan panas *quenching* bertujuan untuk meningkatkan kekerasan suatu material dengan melakukan pemanasan logam hingga mencapai temperatur *austenite* kemudian ditahan pada temperatur dan waktu yang telah ditentukan yang bertujuan agar austenit pada material menjadi homogen, dari proses tersebut kemudian dilanjutkan dengan proses pendinginan cepat yang dilakukan pada logam dengan mencelupkan baja ke dalam media pendingin sehingga sifat kekerasan yang diinginkan pada baja dapat tercapai [7].



Gambar 1. Diagram TTT (Time, Temperatur & Transformation)

Pada perlakuan *quenching* ini terjadi percepatan pendinginan dari temperature akhir perlakuan dan mengalami perubahan dari *austenite*

menjadi *martensite* untuk menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Dengan pendinginan yang cepat, maka tidak ada waktu yang cukup bagi fasa *austenite* untuk berubah menjadi *perlit* dan *ferit* atau *perlit* dan *sementit*. Oleh karena itu *austenite* berubah menjadi *martensite* yang bersifat sangat keras tergantung kadar karbon [8].

1.2 Tempering

Baja yang dikeraskan biasanya masih memiliki sifat mekanik yang sangat getas, sehingga masih diperlukan beberapa proses untuk meningkatkan ketangguhan dan keuletan baja tersebut. Selain itu, *martensite* yang dihasilkan dari proses *quenching* juga meninggalkan tegangan sisa yang sangat tinggi. Karena hal tersebut setelah proses pengerasan (*hardening*) selalu diikuti dengan proses pemanasan kembali (*tempering*). *Tempering* dicapai dengan memanaskan baja *martensite* ke suhu di bawah *eutektoid* untuk jangka waktu tertentu. Biasanya pemanasan dilakukan pada suhu antara 250°C sampai 600°C, temperature ditahan dalam waktu tertentu kemudian didinginkan kembali secara perlahan. Secara umum dapat dikatakan jika temperatur *tempering* makin tinggi, maka kekerasan logam akan semakin rendah, sedangkan ketangguhannya akan semakin meningkat [9]. Hubungan antara pengaruh suhu *tempering* terhadap ketangguhan dampak dan kekuatan tarik pada baja dimana ketangguhan dampak cenderung naik seiring dengan naiknya temperatur *tempering* [8].

1.3 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dengan metode *vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Karena bentuk penumbuknya piramida, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka kekerasan vickers (HVN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. HVN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$HVN = (2P \sin(\theta/2)) / L^2 = 1854P / L^2 \quad (1)$$

Dimana:

P = Beban Yang Diterapkan (Kg)

L = Panjang Diagonal Rata-Rata (mm)

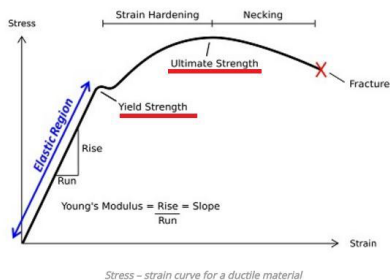
θ = Sudut Antara Permukaan Intan Yang Berlawanan (136°)

1.4 Pengujian tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian material yang paling banyak dilakukan di dunia industry. Karena pengujian ini terbilang yang paling mudah dan banyak data yang bisa diambil dari pengujian ini. Diantaranya yang bisa didapat dari pengujian tarik ini adalah [10] :

- a. Kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strenght*)
- b. Kekuatan mulur (*Yield Strenght or Yield Point*)
- c. Elongasi (*Elongation*)
- d. Elastisitas (*Elasticity*)
- e. Pengurangan luas penampang (*Reduction of Area*)

Titik luluh terjadi pada daerah dimana deformasi plastis mudah terjadi pada logam grafik σ - ϵ berbelok secara bertahap sehingga titik luluh ditentukan dari awal perubahan kurva σ - ϵ dari linier ke lengkung.



Gambar 2. Grafik Tegangan Regangan

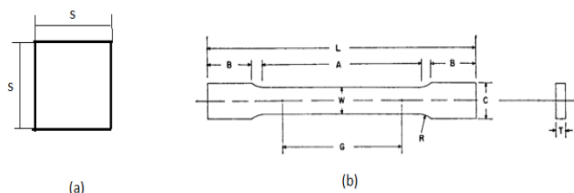
Setelah titik luluh, tegangan terus naik dengan berlanjutnya deformasi plastis sampai titik maksimum dan kemudian menurun sampai akhirnya patah. Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum pada kurva σ - ϵ . Bahan yang mengalami sedikit atau tidak sama sekali deformasi plastis disebut rapuh. Bahan yang mengalami sangat sedikit atau tidak ada deformasi plastis pada fraktur disebut getas[10].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin kampus Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Provinsi Jambi dan Laboratorium PT Detech professional Indonesia. Bizpoint modern multi business, poin 1, blok Istanbul no.16, suka mulya, cikupa, Tanggerang, Banten.

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja JIS SUP 9 yang memiliki kadar karbon 0,52-0,6%. Baja jenis ini biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan pegas daun. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik material untuk pembuatan pegas daun.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Quench-Temper. Baja JIS SUP 9 dipanaskan di dalam furnace hingga temperature 850 °C (temperature austenite), kemudian ditahan (holding time) selama 15 menit. Setelah itu material dikeluarkan dari furnace kemudian didinginkan secara cepat (Quenching) menggunakan media air. Proses selanjutnya sebagian material dipanaskan kembali dibawah temperature austenite (Tempering) pada temperature 300°C dan didinginkan secara lambat menggunakan udara pada suhu temperature ruangan.



Gambar 3. Dimensi specimen uji, a) Uji kekerasan, b) Uji tarik

Ket :

G – Gauge length = 50 mm

W – Width = 12,5 mm

T – Thickness = 5 mm

R – Radius = 13 mm

L – Overall length = 200 mm

A – Length of reduced section = 60 mm

B – Length of grip section = 50 mm

C – Width of grip section = 20 mm

S – Length of Section = 50 mm

Material uji dibentuk menyesuaikan standart pengujian kekerasan dan pengujian tarik. Untuk pengujian kekerasan material uji dibentuk dengan dimensi 50 mm x 5 mm, sedangkan untuk pengujian tarik material uji dibentuk sesuai standart ASTM A-0370. Metode yang digunakan dalam pengujian kekerasan adalah metode Vickers dengan pembebanan 50 Kgf [11].

3. Hasil dan Pembahasan

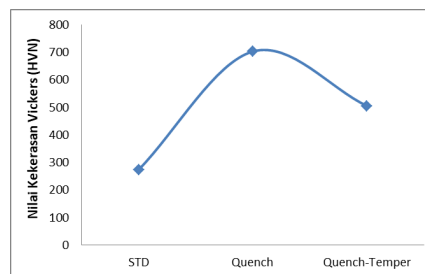
3.1. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan terdiri dari 3 spesimen uji yaitu: spesimen standart /tanpa perlakuan, specimen setelah proses *quenching*, dan specimen setelah proses *quenching* dan *tempering*. Masing – masing specimen diuji sebanyak 3 kali dengan 3 kali penekanan secara garis lurus menggunakan metode *Vickers*. Selanjutnya dicari nilai kekerasan rata – ratanya. Hasil pengujian dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian *Vickers*

No	Spesimen Uji	Nilai Kekerasan HVN	Rata- rata HVN
1.	Standart/tanpa perlakuan	270	273
		276	
		273	
2.	Quenching	722	702
		718	
		666	
3.	Quench-Temper	512	504
		512	
		488	

Dari hasil pengujian nilai kekerasan didapatkan nilai kekerasan rata – rata antara specimen 1 (Standart/tanpa perlakuan), specimen 2 (*Quenching*), dan specimen 3 (*Quench-Temper*). Dari table hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang tertinggi terjadi pada specimen uji proses *Quenching* dengan nilai kekerasan 702 HVN. Sedangkan nilai kekerasan yang terendah terjadi pada specimen standart/tanpa perlakuan dengan nilai kekerasan 273 HVN.



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai kekerasan rata – rata

Proses *quenching* mengakibatkan nilai kekerasan specimen meningkat. Hal ini sesuai dengan struktur mikro yang dibentuk berdasarkan diagram TTT yaitu martensit 90%. Martensit memiliki sifat

mekanik yang keras tetapi getas, sehingga diperlukan proses lanjutan untuk memperoleh nilai keuletan yang diinginkan. Setelah dilakukan proses *tempering* pada temperature 300°C, specimen mengalami penurunan kekerasan. Akan tetapi, nilai kekuatan tarik atau ketangguhan specimen tersebut meningkat.

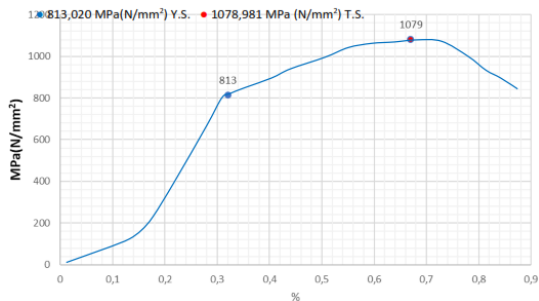
3.2. Pengujian Tarik

Spesimen uji tarik masih sama seperti uji kekerasan, namun dimensi specimen disesuaikan berdasarkan ketentuan pengujian tarik pada baja yaitu ASTM A-0370. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik

No	Spesimen Uji	Elong %	Yiled Load N	Y'S N/mm ²	Max Load N	UTS N/mm ²
1	Standart/ tanpa perlakuan	12	36207	623,0	55589	956
		12	48075	813,0	63802	1079
		15	41217	666,1	60884	984
2	Quenching	1	2423	35,64	31286	460
		2	2307	38,25	9775	162
		1	4152	66,17	37058	591
3	Quench -Temper	2	8192	143,5	86816	1521
		2	9969	192,8	80438	1555
		2	14368	260,2	83928	1520

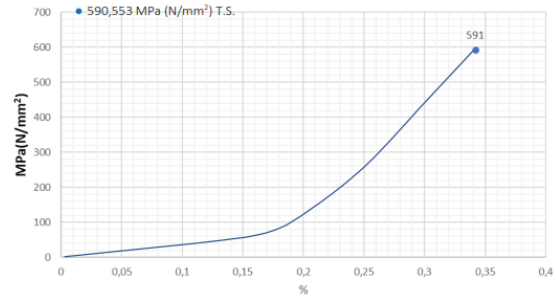
Table 2 menunjukkan bahwa *Ultimate Tensile Strength* (UTS) yang dicapai specimen *Quench-Temper* sebesar 1555 N/mm², dimana *tensile strength* ini adalah nilai akhir sebelum terjadinya patahan. Pertambahan panjang ini terjadi akibat gaya yang diberikan hingga mencapai putus. Tegangan luluh (*Yiled Streng*) yang terjadi pada specimen *Quench-Temper* lebih rendah daripada specimen standart/tanpa perlakuan, akan tetapi lebih tinggi dari specimen yang melalui proses *Quenching*. Pendinginan secara cepat mengakibatkan struktur mikro yang dibentuk material tersebut dominan martensit sehingga sifat plastis material menjadi berkurang. Perubahan tegangan regangan pada pengujian tarik dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. Grafik kekuatan tarik specimen tanpa perlakuan

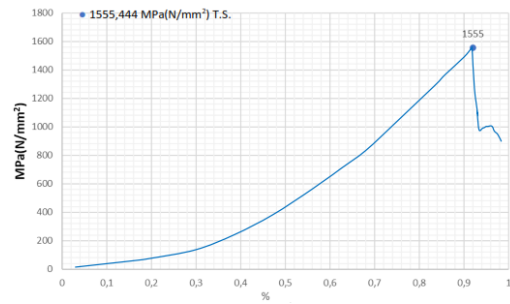
Grafik kekuatan tarik yang terjadi pada specimen standar/ tanpa perlakuan menunjukkan bahwa specimen tersebut memiliki sifat elastis yang cukup tinggi dibuktikan dengan nilai tegangan luluh pada 813 N/mm² dan patah pada tegangan tarik 1079 N/mm². Perpanjangan

(*elongation*) mencapai 12%. Kondisi ini menunjukkan bahwa sifat material ini lebih ulet.



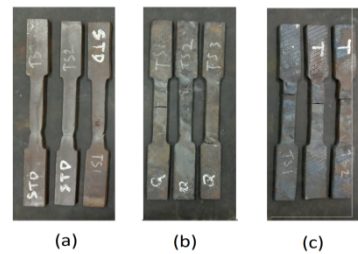
Gambar 6. Grafik kekuatan tarik specimen *Quenching*

Kekuatan tarik (*tensile strength*) yang terjadi pada material yang sudah melalui proses *quenching* sebesar 591N/mm². Jika dilihat dari grafik tersebut, kekuatan luluh (*yiled strength*) dimana material mengalami deformasi permanen terjadi pada 66,71 N/mm².



Gambar 7. Grafik kekuatan tarik specimen *Quench-Temper*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kekuatan tarik maksimum terjadi pada 1555 N/mm² dan kekuatan luluh pada 192 N/mm². Specimen mengalami pertambahan panjang (*elongation*) rata – rata 2%. Kondisi ini lebih baik daripada specimen yang hanya melalui proses *quenching*. Dari segi sifat mekanik, material ini memiliki sifat keras tapi ulet. Hal ini terjadi karena perlakuan panas *quench-temper* dimana perlakuan panas *quenching* menghasilkan sifat mekanik baja menjadi lebih keras dan perlakuan panas *tempering* menjadikan sifat mekanik baja menjadi lebih ulet.



Gambar 8. Spesimen hasil pengujian tarik (a) STD (b) Quench (c) Quench-Temper

Sifat mekanik material juga dapat diketahui melalui visual bentuk patahan specimen. Bentuk patahan specimen standar/tanpa perlakuan (a) memiliki bentuk patahan ulet (*dutile*) yang memberikan karakteristik berserabut dan mengalami perpanjangan (*elongation*) yang cukup

signifikan dari panjang specimen sebelum ditarik. Artinya besar deformasi specimen tersebut tinggi sebelum specimen mengalami patah. Sedangkan untuk specimen yang mengalami proses perlakuan panas *quenching* dan *quench-temper* memiliki bentuk patahan getas (*brittle*). Kondisi ini dapat dilihat dengan bentuk retak atau perpatahan merambat sepanjang bidang-bidang kristalin membelah atom-atom material, selain itu material memiliki permukaan patahan yang bercahaya dan mulus. Akan tetapi, specimen *quench-temper* memiliki *elongation* lebih tinggi dari pada specimen *quenching* sehingga material tersebut memiliki sifat mekanik keras dan ulet. Sifat tersebut sangat cocok sebagai bahan baku dari pegas daun yang membutuhkan sifat mekanik baja keras dan ulet.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan yang tertinggi terdapat pada specimen yang mengalami proses *quenching* yaitu 702 HVN dan yang terendah terdapat pada specimen standar/tanpa perlakuan yaitu 273 HVN. Proses *quenching* menghasilkan sifat mekanik baja yang keras namun getas, sehingga perlu dilakukan perlakuan selanjutnya untuk meningkatkan ketangguhan specimen tersebut.
2. Kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada specimen yang telah melalui proses *quenching* dan *tempering* mencapai 1555 N/mm².
3. Nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang memenuhi sifat mekanik standart pembuatan pegas daun adalah specimen yang telah melalui proses *quench-temper*. Specimen ini memiliki kekerasan yang tinggi namun tidak getas (ulet) yang dapat dilihat dari *elongation* / perpanjangan ketika specimen diuji tarik[12].

Referensi

- [1] B. A. Septianto and Y. Setiyorini, "Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340," *J. Tek. ITS*, vol. 2, no. 2, pp. F342–F347, 2013.
- [2] E. R. Permana, H. Akhmad, and A. Rasyid, "Studi Eksperimen Pengaruh Suhu Tempering Pada Baja Pegas JIS SUP 9 Terhadap Impact Edo Riyan Permana Akhmad Hafizh Ainur Rasyid," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 17–24, 2018.
- [3] A. D. Halimi, "Uji Eksperimen Tingkat Kekerasan dan Ketangguhan Baja Pegas JIS SUP 9 dengan Metode Laku Panas Hardening dan Tempering," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 3, pp. 45–52, 2017.
- [4] P. I. Purboputro, "Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan Cara Quenching," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 15–21, 2009.
- [5] B. E. Kurniawan and Y. Setiyorini, "Pengaruh variasi Holding Time Pada Perlakuan Panas Quench Annealing Terhadap Sifat Mekanik dan Mikro Struktur Pada Baja Mangan AISI 3401," *J. Tek. Its*, vol. 3, no. 1, pp. F113–F116, 2014.
- [6] M. Jami, E. Gil, E. Ushiña, V. H. Cabrera, and A. Cartagena, "Determine hardness and torsional resistance of AISI/SAE 4340 steel, treated by quenching at 860°C and tempering at 300°C, 350°C and 400°C," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021.
- [7] Y. Rizal, "Analisa Pengaruh Media Quench Terhadap Kekuatan Tarik Baja Aisi 1045," *J. APTEK*, vol. 6, no. 2, pp. 183–190, 2014.
- [8] J. William D. Callister, *Materials Science and Engineering*, 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2007.
- [9] A. Murtiono, "Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau Pemanan Sawit," *e-Dinamis*, vol. II, no. 2, pp. 57–70, 2012.
- [10] R. P. Muhammad, *Bahan Teknik*, Zulfikar. Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, 2014.
- [11] ASTM, "A370: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products," *ASTM Int.*, pp. 1–50, 2014.
- [12] M. Huda, *Analisa Rekondisi Baja Pegas Daun Bekas SUP 9A dengan Metode Quench-Temper pada Temperatur Tempering 480°C Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik*, vol. 2, no. 1. 2017.