
ANALISA TEMPERATUR TEMPERING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN BAJA S50C

Galih Satrio Nugroho¹, Sutrisno², Seno Darmanto³

Universitas Diponegoro; Jl. Hayam Wuruk No.4 Pleburan Semarang 50241
Sekolah Vokasi Rekayasa Perancangan Mekanik, Departemen Teknologi Industri UNDIP,
Semarang
e-mail: galihstrion@gmail.com

Abstrak

Baja S50C merupakan jenis material yang banyak pada komponen automotif sebagai contoh untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja ini akan terkena pengaruh gaya luar sehingga menimbulkan perubahan bentuk (deformasi). Untuk menjaga ketangguhan dan kekuatan baja ini perlu dilakukan perlakuan panas, perlakuan panas yang dilakukan pada penelitian ini yaitu hardening dan tempering. Baja S50C dipanaskan hingga 950°C kemudian didinginkan cepat (quenching) menggunakan media pendingin oli dan air. Sedangkan untuk tempering dilakukan pada variasi temperatur 200°C, 400°C, 600°C. Struktur mikro yang terbentuk pada material uji yaitu martensit dan bainit. Peningkatan temperatur tempering mempengaruhi sebaran martensite yang semakin sedikit dan didominasi bainite yang semakin halus. Berkurangnya martensite dan semakin halusanya bainite menunjukkan bahwa baja semakin ulet dan kekerasannya menurun. Nilai kekerasan pada baja dengan media pendinginan cepat menggunakan air adalah 59,1 HRC dan 49,1 HRC pada pendingin oli. Sedangkan pada baja dengan media pendingin cepat air, nilai kekerasan pada temperatur tempering 200°C: 57,5 HRC, 400°C: 52,8 HRC, dan 600°C: 43,5 HRC, pada baja dengan media pendingin cepat oli, nilai kekerasan pada temperatur tempering 200°C: 43,5 HRC, 400°C: 39,8 HRC, dan 600°C: 37,8 HRC. Peningkatan temperatur tempering akan meningkatkan keuletan dan menurunkan kekerasan baja S50C.

Kata kunci: S50C, Tempering, Struktur Mikro, Nilai Kekerasan Material, Quenching

Abstract

S50C steel is a type of material that is widely used in automotive components, for example for gear components in motorized vehicles. This steel will be affected by external forces causing a change in shape (deformation). To maintain the toughness and strength of this steel, heat treatment is necessary, the heat treatment carried out in this study is hardening and tempering. S50C steel is heated to 950°C then quenched using oil and water cooling media. Meanwhile, tempering was carried out at a temperature variation of 200°C, 400°C, 600°C. The microstructure formed in the test material is martensite and bainite. The increase in tempering temperature affected the less distribution of martensite and was dominated by the finer bainite. The less martensite and finer the bainite indicates that the steel is becoming more ductile and the hardness is decreasing. The hardness values for steel with rapid cooling using water were 59,1 HRC and 49,1 HRC for oil cooling. Meanwhile, for steel with water-fast cooling media, the hardness values at tempering temperatures were 200°C: 57,5 HRC, 400°C: 52,8 HRC, and 600°C: 43,5 HRC, for steel with oil-fast cooling media, hardness values at tempering temperatures of 200°C: 43,5 HRC, 400°C: 39,8 HRC, and 600°C: 37,8 HRC. Increasing the tempering temperature will increase the ductility and decrease the hardness of S50C steel.

Keywords: S50C, Tempering, Microstructure, Hardness, Quenching

1. PENDAHULUAN

Baja S50C merupakan baja karbon sedang dengan kandungan karbon berkisar 0,47 - 0,53 % dan termasuk golongan baja karbon menengah. Baja ini banyak digunakan di pasaran karena memiliki banyak keunggulan salah satunya adalah pada komponen automotif sebagai contoh untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja ini memiliki karakteristik sifat mampu mesin yang baik (machinability), wear resistance-nya (keausan) baik dan sifat mekaniknya menengah. Komposisi kimia dari S50C yaitu, C 0,47-0,53%, Cr Max 0,25%, Mn 0,60-0,90%, Si 0,15-0,35%, P Max 0,035%, S 0,035%, Ni 0,25%, dan Cu 0,25%. Baja karbon menengah tersebut banyak digunakan sebagai gear, crankshaft, chain link dan komponen lainnya yang membutuhkan kekuatan tinggi serta ketahanan aus yang baik dalam aplikasinya[1][2].

Sifat mekanik merupakan sifat yang menyatakan kemampuan baja ketika menerima beban mekanik seperti gaya, momen, dan energi mekanik. Beban mekanik dapat menimbulkan deformasi/perubahan bentuk sementara, permanen, bahkan sampai patah[3]. Maka dari itu, sifat mekanik menggambarkan hubungan respon deformasi terhadap beban yang bekerja. Komponen baja S50C pada aplikasinya menerima gaya atau beban mekanik, maka dari itu perlu diketahui karakteristik pembebanan yang menghasilkan deformasi berlebihan bahkan sampai patah, kemudian bisa ditentukan sifat mekanik yang sesuai agar tidak terjadi kegagalan pada material. Sifat mekanik pada suatu baja dipengaruhi oleh struktur mikro. Struktur mikro pada suatu baja paduan tergantung pada beberapa variabel seperti unsur paduan, konsentrasi unsur paduan, dan proses perlakuan panas (temperatur pemanasan, waktu tahan pemanasan, dan laju pendinginan)[4].

Material Baja S50C dapat ditingkatkan kekerasannya dan keuletannya melalui perlakuan panas. Untuk memperoleh tingkat kekerasan yang lebih baik dan tahan lama biasanya dilakukan proses flame hardening dan tempering[5].

Diagram CCT (Continuous Cooling Transformations) digunakan sebagai acuan dalam perlakuan baja carbon dan dapat di jadikan sebagai perkiraan hasil yang akan terjadi dari perlakuan baja carbon tersebut. Pada diagram CCT dapat menunjukan struktur mikro yang akan terbentuk dan nilai kekerasan yang dicapai. Semakin cepat laju pendinginan pada baja maka nilai kekerasannya akan semakin tinggi dan struktur yang terbentuk adalah martensit. Sedangkan semakin lambat laju pendinginan pada besi baja maka nilai kekerasan akan semakin turun atau berkurang dan struktur mikro yang akan terbentuk adalah bainit dan perlit[6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tempering terhadap struktur mikro yang terbentuk dan nilai kekerasan dari baja S50C.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

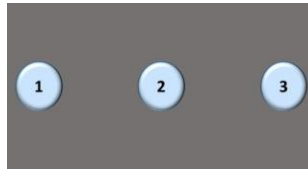
Material baja S50C yang digunakan dalam penelitian menggunakan material dari PT. Daido Steel Indonesia.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan dari proyek akhir ini adalah yang pertama mempersiapkan material Baja S50C untuk spesimen dalam pengujian. Terdapat delapan macam spesimen yang akan diuji dengan perlakuan masing – masing spesimen berbeda. Untuk memudahkan dalam pengujian maka spesimen diberi nama spesimen 1, 2, 3,4, 5, 6, 7, dan 8. Seluruh spesimen akan melalui tahapan hardening dengan temperatur 950 °C dengan pendingin udara hingga suhu ruang. Kemudian setelah tahapan hardening selesai untuk spesimen 1 dilakukan pendinginan air tanpa perlakuan tempering. Spesimen 2 dilakukan pendinginan oli tanpa perlakuan tempering. Sedangkan untuk spesimen 3 akan dilakukan tempering dengan temperatur 200 °C dengan pendinginan cepat menggunakan air. Selanjutnya untuk spesimen 4 akan dilakukan tempering dengan temperatur 400 °C dengan pendinginan cepat menggunakan air. Selanjutnya untuk spesimen 5 akan dilakukan tempering dengan temperatur 600 °C dengan pendinginan

cepat menggunakan air. Sedangkan untuk spesimen 6 akan dilakukan tempering dengan temperatur 200 °C dengan pendinginan cepat menggunakan oli. Selanjutnya untuk spesimen 7 akan dilakukan tempering dengan temperatur 400 °C dengan pendinginan cepat menggunakan oli. Selanjutnya untuk spesimen 8 akan dilakukan tempering dengan temperatur 600 °C dengan pendinginan cepat menggunakan oli.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat Hardness Rockwell Test. Pengujian kekerasan pada masing – masing spesimen dilakukan di tiga titik yaitu samping dan tengah, lihat gambar 1.



Gambar 1. Titik Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan masing – masing spesimen. Setelah pengujian kekerasan selesai dilanjutkan dengan pengujian struktur mikro pada masing – masing spesimen dengan menggunakan alat mikroskop metalurgi. Pengujian struktur mikro diharapkan dapat menampilkan hasil perbedaan struktur masing – masing spesimen yang sudah melalui perlakuan tempering. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan terlebih dahulu karena dalam tahapan pengujian struktur mikro dapat mengubah nilai kekerasan masing – masing benda uji. Langkah terakhir adalah melakukan komparasi dari hasil masing – masing pengujian dan melakukan analisa terhadap masing – masing spesimen.

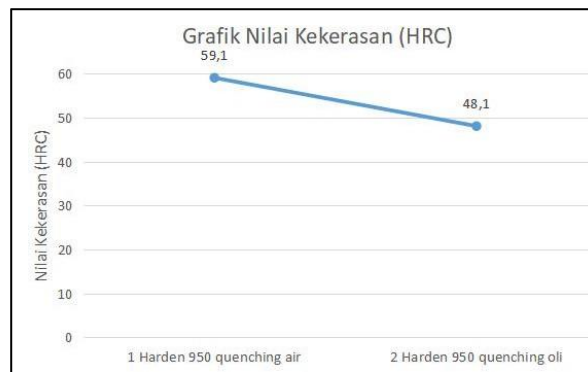
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian kekerasan masing – masing sampel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell (HRC)

Kode Benda Uji	Titik Pengujian			Nilai Kekerasan Rata-Rata (HRC)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	60	60	60	59,1
2	48	49,5	47	48,1
3	57,5	57	58	57,5
4	52	53,5	53	52,8
5	41	44	45,5	43,5
6	45	43,5	42	43,5
7	39,5	42	38	39,8
8	38	39	36,5	37,8

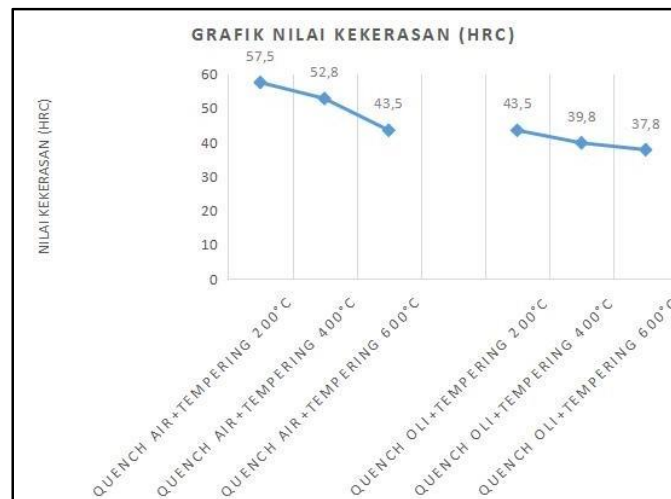
Keterangan:
 Kode Benda Uji
 1 (Hardening 950°C + Quenching Air)
 2 (Hardening 950°C + Quenching Oli)
 3 (Hardening 950°C + Quenching Air+Tempering 200°C)
 4 (Hardening 950°C + Quenching Air+Tempering 400°C)
 5 (Hardening 950°C + Quenching Air+Tempering 600°C)
 6 (Hardening 950°C + Quenching Oli+Tempering 200°C)
 7 (Hardening 950°C + Quenching Oli+Tempering 400°C)
 8 (Hardening 950°C + Quenching Oli+Tempering 600°C)



Gambar 2. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen Tanpa Tempering

Berdasarkan data pengujian kekerasan pada material tanpa tempering didapatkan bahwa material yang dipanaskan dengan suhu austenitisasi 950°C kemudian didinginkan cepat dengan media quenching air (Spesimen 1) dengan nilai kekerasan rata-rata 59,1 HRC lebih keras dibandingkan dengan media oli (Spesimen 2) dengan nilai kekerasan rata-rata 48,1 HRC.

Hal ini menunjukkan bahwa media quenching air lebih efektif meningkatkan nilai kekerasan pada baja S50C dibandingkan media quenching oli.



Gambar 3. Grafik Nilai Kekerasan pada Spesimen dengan Tempering

Data dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan spesimen dengan media quenching air dan tempering 200°C (Spesimen 3) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 57,5 HRC, media quenching air dan tempering 400°C (Spesimen 4) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 52,8 HRC, dan media quenching air dan tempering 600°C (Spesimen 5) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 43,5 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur tempering berpengaruh dengan nilai kekerasan material.

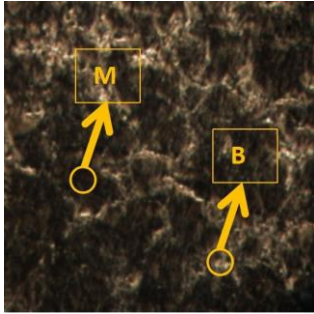
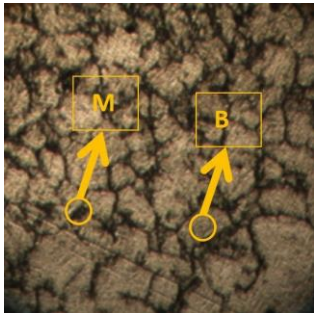
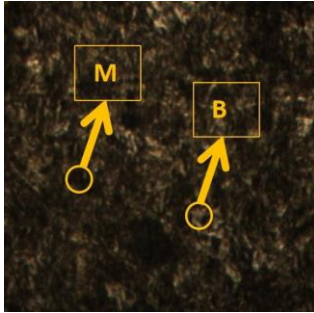
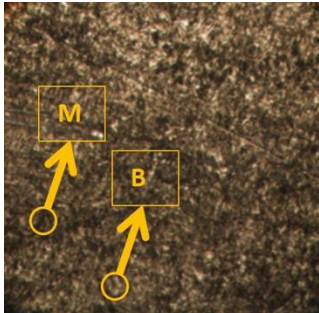
Data dari hasil pengujian kekerasan ditunjukkan spesimen dengan media quenching oli dan tempering 200°C (Spesimen 6) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 43,5 HRC, media quenching oli dan tempering 400°C (Spesimen 7) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 39,8 HRC, dan media quenching oli dan tempering 600°C (Spesimen 8) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 37,8 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur tempering berpengaruh dengan nilai kekerasan material.

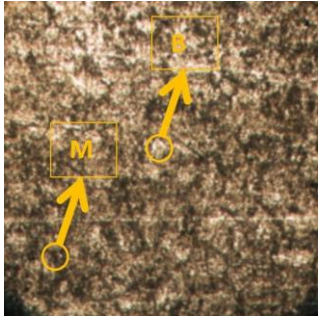
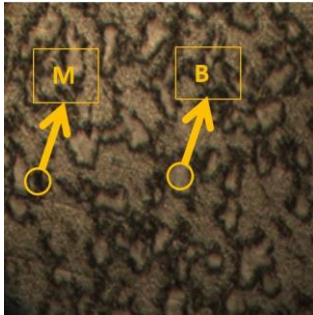
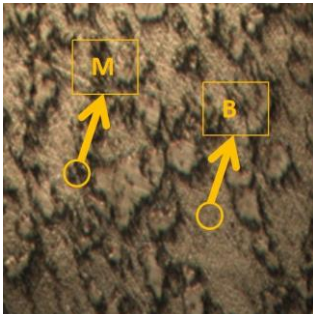
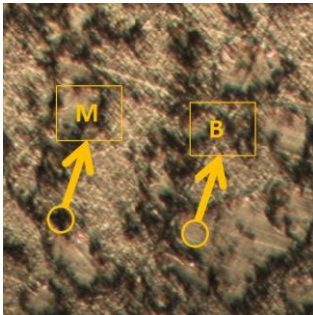
Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pada pengujian struktur mikro material tanpa tempering ini dilakukan pada 2 spesimen material uji yang telah diberikan perlakuan panas hardening hingga suhu austenitisasi 950°C, dan didinginkan

cepat (quenching) dengan media pendingin air (Spesimen 1) dan media pendingin oli (Spesimen 2) tanpa dilakukan perlakuan panas kembali (tempering). Hasil pengujian struktur mikro ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Struktur Mikro Material Tanpa Tempering

Spesimen	Hasil Uji Struktur Mikro	Keterangan
1		Struktur yang terbentuk adalah (M) martensite (bentuk jarum) lebih dominan di bandingkan dengan (B) bainite (putih) sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi di bandingkan dengan spesimen quenching oli.
2		Struktur yang terbentuk adalah (M) martensite (bentuk jarum) dan sedikit (B) bainite (putih).
3		Setelah dilakukan quenching dengan media air serta dilakukan tempering dengan suhu 200°C, terbentuk struktur martensite (M) yang dominan dibandingkan dengan bainite (B).
4		<i>Seiring dengan kenaikan suhu tempering, tingkat kekerasannya menurun ditunjukkan dengan martensite (M) yang semakin sedikit.</i>

5		<p>Pada suhu tempering 600°C kekerasannya menurun ditunjukkan dengan bainit (B) yang semakin halus.</p>
6		<p>Setelah dilakukan quenching dengan media oli serta dilakukan tempering dengan suhu 200°C, terbentuk struktur martensite (M) yang dominan dibandingkan dengan bainite (B).</p>
7		<p>Seiring dengan kenaikan suhu tempering, tingkat kekerasannya menurun ditunjukkan dengan martensite (M) yang semakin sedikit.</p>
8		<p>Pada suhu tempering 600°C kekerasannya menurun ditunjukkan dengan bainit (B) yang semakin halus.</p>

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media air menunjukkan bahwa terbentuknya struktur martensite yang dominan dibandingkan bainite sehingga nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan spesimen dengan media quenching oli.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperature austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching)

dengan media oli menunjukkan bahwa terbentuknya struktur martensite dan sedikit bainite. Struktur dengan martensite dengan sedikit bainite ini menunjukkan bahwa baku ini sangat keras namun getas.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media air dilanjutkan dengan pemanasan kembali (tempering) pada suhu 200°C menunjukkan bahwa terbentuk struktur martensite yang dominan dibandingkan dengan bainite.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media air dilanjutkan dengan pemanasan kembali (tempering) pada suhu 400°C menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan suhu tempering, tingkat kekerasannya menurun ditunjukkan dengan martensite yang semakin sedikit.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media air dilanjutkan dengan pemanasan kembali (tempering) pada suhu 600°C menunjukkan bahwa pada suhu tempering 600°C kekerasannya menurun ditunjukkan dengan bainit yang semakin halus.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media oli dilanjutkan dengan pemanasan kembali (tempering) pada suhu 200°C menunjukkan bahwa terbentuk struktur martensite yang dominan dibandingkan dengan bainite.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media oli dilanjutkan dengan pemanasan kembali (tempering) pada suhu 400°C menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan suhu tempering, tingkat kekerasannya menurun ditunjukkan dengan martensite yang semakin sedikit.

Struktur mikro pada baja dengan kandungan karbon sedang dengan perlakuan panas pada temperatur austenite 950°C dan waktu penahanan 30 menit, kemudian didinginkan cepat (quenching) dengan media oli dilanjutkan dengan pemanasan kembali (tempering) pada suhu 600°C menunjukkan bahwa pada suhu tempering 600°C kekerasannya menurun ditunjukkan dengan bainit yang semakin halus.

4. KESIMPULAN

1. Pada spesimen 1 dengan media quenching air tanpa tempering memiliki kekerasan sebesar 59,1 HRC. Pada spesimen 2 dengan media quenching oli tanpa tempering memiliki kekerasan sebesar 48,1 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa media quenching air lebih efektif dalam meningkatkan kekerasan baja S50C. Sedangkan untuk struktur mikro yang terbentuk keduanya sama yaitu martensite dan bainite.

2. Nilai kekerasan pada spesimen 3 media quenching air dengan tempering 200°C sebesar 57,5 HRC, spesimen 4 media quenching air dan tempering 400°C sebesar 52,8 HRC, spesimen 5 media quenching air dan tempering 600°C sebesar 43,5 HRC. Nilai kekerasan pada spesimen 6 dengan media quenching oli dan tempering 200°C sebesar 43,5 HRC, spesimen 7 media quenching oli dan tempering 400°C sebesar 39,8 HRC, dan spesimen 8 media quenching oli dan tempering 600°C sebesar 37,8 HRC. Hal ini menunjukkan pengaruh tempering pada seluruh spesimen adalah penurunan nilai kekerasan seiring dengan kenaikan suhu tempering dan menghasilkan struktur bainite dan martensite yang lebih halus dibandingkan dengan spesimen sebelum tempering.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 1992. ASM Handbook, Vol 9, Metallography and Microstructure. ASM International, Materials Park.
[2] 1991. ASM Handbook, Vol 4, Heat Treating. ASM International, Material Park.
-

-
- [3] Ariobimo , Rianti Desi Sulamet.2007.Perbandingan Karakteristik S50C MOD Terhadap S50C.Jakarta : Teknik Mesin – Trisakti.
- [4] Aryabrata, dkk. 2018. Analisis Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Tempering pada Proses Hardening Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Material Hamer Crusher. Jurnal Fakultas Teknologi Industry - ITS. Volume 7 Nomor 1 : 2337 – 3520.
- [5] Fawaiz, Ismah. 2017. Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak dan Struktur Mikro dengan Proses Laku Panas pada Baja Karbon AISI 1050. Surabaya : Program Studi Diploma III Teknik Mesin – Institut Teknologi Sebelas November.
- [6] Handoyo, Yopi. 2015. Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. Bekasi : Universitas Islam 45.
- [7] Khan, Mochammad Ghulam Isaq. 2015. Analisa Pengaruh Temperatur Tempering Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Baja Aar-M201 Grade E. Surabaya : Teknik Material Dan Metalurgi – ITS.
- [8] Manurung, Vuko AT, Yohanes Tri Joko Wibowo, Satriyo Yudi Baskoro. 2020. Panduan Metalografi. Jakarta : LP2M Politeknik Manufaktur Astra.
- [9] Naubnome, Viktor dkk. 2016. Pengaruh Waktu Pemanasan Menggunakan Pemanas Induksi Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Material S50C. Karawang : Universitas Singaperbangsa.
- [10] Prabowo, Aryo Aji. 2019. Pengaruh Media Pendingin pada Proses Quenching terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Kekuatan Bending Baja AISI 1010.
-