

ANALISA PENGARUH PENINGKATAN TEMPERATUR KARBURASI TERHADAP PENINGKATAN KARBON DAN KEDALAMAN Pengerasan PADA BAJA PADUAN RENDAH AISI 4140 DENGAN MEDIA PENDINGIN ASAM CUKA

I. F. Achmady¹.

Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

Email : ilmnfattah@gmail.com

ABSTRACT

Karburasi merupakan suatu perlakuan panas termokimia yang dimana suatu material yang mengandung unsur karbon akan didifusikan ke permukaan material logam maupun non-logam pada temperature tertentu untuk menghasilkan sifat fisis dan mekanisnya. Pada umumnya proses karburasi dilakukan dengan media pendinginan cepat untuk meningkatkan kekerasan sehingga permukaan logam menjadi tahan aus. Pada penelitian kali ini dilakukan proses karburasi pada material baja karbon sedang dengan baja paduan rendah AISI 4140 dengan menggunakan dapur *fluidized bed* dan menggunakan media pendingin asam cuka.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menemukan kedalaman pengerasan, tebal lapisan dan juga komposisi yang terkandung pada lapisan yang terbentuk dari proses peningkatan temperatur karburasi. Maka dari itu dilakukan tiga pengujian berupa pengujian mikro vickers untuk mengamati kekerasan dari permukaan/tepi hingga menemukan kekerasan asli dari material tanpa perlakuan kemudian dilakukan pengujian mikroskop optik dilakukan untuk mendapatkan hasil dari ketebalan lapisan yang terbentuk dari proses peningkatan temperatur karburasi dengan satuan mm atau μm , dan terakhir pengujian SEM-EDS untuk mengetahui komposisi yang terjadi pada saat proses karburasi. Melalui pengujian SEM-EDS dapat diketahui ketebalan yang tercipta, namun adanya kendala yang terjadi pada proses preparasi spesimen uji yang menyebabkan saat uji SEM dilakukan tidak dapat hasil ketebalan lapisan yang diinginkan sehingga penulis mengusahakan dengan cara melakukan pengujian mikroskop optik. Penelitian ini akan memberikan informasi mengenai metode karburasi yang akan menghasilkan produk baja yang berkualitas.

Kata kunci : Karburasi, Kedalaman pengerasan, baja AISI 4140 ,mikroskop optik, SEM-EDS.

Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Di jaman yang semakin canggih dan maju ini, kebutuhan akan produk - produk industri semakin beragam. Untuk menunjang perkembangan teknologi yang sangat pesat dibutuhkan bahan unggul yang mempunyai sifat-sifat sesuai dengan penggunaannya. Kebutuhan perkembangan teknologi tidak lepas dari unsur logam sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi di jaman sekarang. Oleh karena itu, timbul kreasi dan inovasi dari manusia sebagai pelaku industri untuk dapat memperbaiki sifat-sifat mekanik dan fisik dari logam tersebut.

Adapun permasalahan yang muncul dikarenakan beberapa material logam memiliki sifat fisik maupun mekanis yang kurang baik terutama pada permukaan. Permasalahan yang timbul pada baja AISI 4140 berdasarkan aplikasinya seperti pada gigi, dan poros roda yang terlalu sering digunakan dapat menyebabkan *surface rolling* dan *sliding contact*. Ada satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan cara dilakukan pengerasan permukaan salah satunya adalah dengan cara karburasi. Maka dari itu penulis mengambil sebuah penelitian yang berjudul : Analisa pengaruh peningkatan temperatur karburasi terhadap peningkatan karbon dan distribusi pengerasan pada baja paduan rendah aisi 4140 dengan media pendingin asam cuka. Penulis berharap penelitian ini bisa dijadikan pedoman untuk mengembangkan sifat fisis dan mekanis dari baja AISI 4140 dengan menggunakan penelitian ini.

TEORI

A. Karburasi

Karburising adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karboin aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja (Wahid Suherman, 1998: 147).

B. Gas Carburizing

Proses pengerasan ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam dapur *fluidized bed furnace* dengan atmosfer yang banyak mengandung gas CO dan gas hidro karbon yang mudah berdifusi pada temperatur karburisasi 870°C sampai 950°C selama 3 jam. Gas-gas pada temperatur karburisasi itu akan bereaksi menghasilkan karbon aktif yang nantinya berdifusi ke dalam permukaan baja.

C. AISI 4140

AISI 4140 adalah golongan baja karbon sedang (medium carbon steel) dengan kandungan karbon yang sekitar 0,42% serta merupakan baja paduan rendah (*low alloy steel*) yang mengandung unsur paduan *chromium* (krom) dan *molybdeum* sebagai bahan penguat. Berdasarkan *American Iron and Steel Institute* (AISI) yang merupakan salah satu standarisasi baja, dimana dua digit angka terakhir menyatakan presentase kandungan karbon. Menurut *Azo Materials* baja AISI 4140 memiliki kekerasan sebesar 207 HV.

Tabel Kandungan Komposisi Baja Paduan Rendah AISI 410

Unsur paduan	Presentase (%)
Karbon	0,42
Silikon	0,26
Nikel	0,08
Mangan	0,85
Fosfor	0,24
Sulfur	0,09
Tembaga	0,23
Kromium	0,85
Molibdeum	0,16
Total	3,18

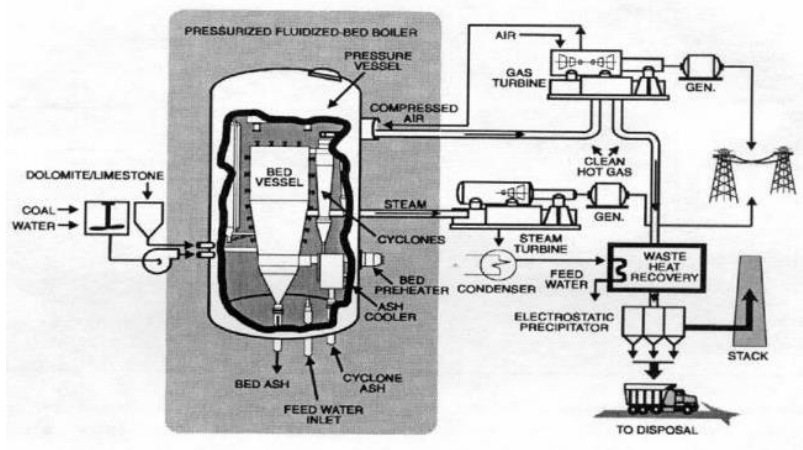
Baja AISI 4140 memiliki pengaplikasian yang luas diantaranya untuk komponen mesin seperti poros engkol, as roda, batang piston hingga material mur dan baut. Bahkan pada penelitian Herlangga Rusnaldy (2017), Baja AISI 4140 dapat digunakan sebagai material rompi anti peluru.

D. Fluidized Bed Furnace

Teknologi *fluidized bed furnace* saat ini telah dimanfaatkan untuk proses perlakuan termokimia gas dalam menghasilkan kekerasan permukaan baja dan besi cor. Serbuk alumina dimanfaatkan sebagai media pada teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan transfer panas dari dinding dapur menuju ke spesimen dengan demikian akan menghasilkan peningkatan kualitas pengeras permukaan. Namun kualitas pengeras permukaan sangat ditentukan oleh paduan besi cor tersebut.

Fluidized bed furnace memberikan keuntungan karena permukaan material dipanaskan lebih cepat, menghasilkan pengaruh daerah panas yang kecil, kecermatan pada pengontrolan saat perlakuan permukaan dan pada saat proses perlakuan tidak berkontaminasi dengan udara luar.

ANALISA PENGARUH PENINGKATAN TEMPERATUR KARBURASI TERHADAP PENINGKATAN KARBON DAN KEDALAMAN Pengerasan PADA BAJA PADUAN RENDAH AISI 4140 DENGAN MEDIA PENDINGIN ASAM CUKA



E. Uji Kedalaman Pengerasan

Uji kedalaman pengerasan ialah uji yang dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari bagian tepi material hingga bagian inti material biasanya pengujian ini menggunakan metode vickers. Prinsip dasar pengujian Vickers sama dengan uji brinell, perbedaannya ada pada penggunaan indenter intan yang terbentuk piramid beraturan bujur sangkar dan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan 136° . Pengukuran diagonal segi empat lebih akurat dibandingkan pengukuran pada lingkaran. Pengujian ini dapat dilakukan untuk spesimen tipis hingga 0.006 inci. Nilai yang diperoleh akurat hingga nilai 1300 (setara dengan 850 pada Brinell). Indenter relatif tidak menjadi rata seperti pada brinell. Beban yang digunakan pada uji vickers antara 1 hingga 120 kgf. Perubahan beban relatif menjadi pengaruh pada hasil pengujian, penggunaan beban yang berbeda akan tetap menghasilkan nilai yang sama untuk material yang sama.

F. Uji Mikroskop Optik

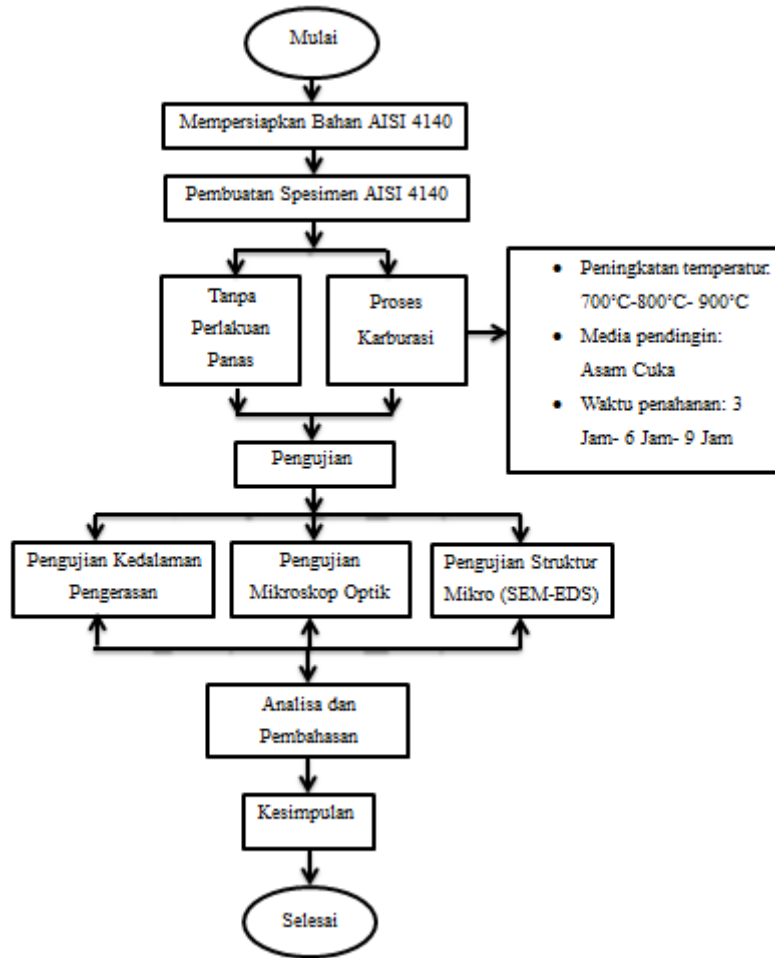
Pengujian mikroskop optik adalah pengujian dengan cara mengamati suatu material hingga perbesaran tertentu. Prinsip dasar dari mikroskop optik adalah dengan menggunakan pantulan cahaya ke permukaan spesimen dan kemudian diterima oleh lensa mata (eyepiece lens). Mikroskop optik pada pengujian ini digunakan untuk melihat tebal lapisan yang terbentuk pada permukaan baja yang telah di karburasi.

G. Uji SEM-EDS

Analisis SEM-EDS adalah metode yang bagus untuk menentukan ukuran partikel dan komposisi dasar. Ini juga merupakan teknik analisis untuk melakukan karakterisasi nano. Analisis SEM dapat dilakukan sebagai bagian dari analisis lapisan film untuk menentukan ketebalan film. Tidak hanya itu, bila digunakan bersama dengan EDS, dimungkinkan untuk membandingkan komposisi kimia yang berbeda di antara setiap lapisan. Topografi film terkadang dapat menutupi jumlah lapisan film dalam sampel; pemetaan elemen dapat menunjukkan lapisan yang tidak terlihat oleh metode lain. Analisis kontaminasi, penentuan konten pengisi, analisis kegagalan, teknik forensik, dan fraktografi juga merupakan situasi umum lainnya di mana Analisis SEM, yang diurai dengan EDS, sangat berharga. Selain itu, SEM / EDS merupakan teknik yang digunakan untuk pengujian logam seperti fraktografi, embrittlement, analisis korosi, dan komposisi paduan. Agar jenis analisis ini dapat dilakukan, sampel harus berupa bahan padat dan tidak dapat dilakukan pada cairan atau gas. Sampel non-konduktif dilapisi emas untuk mencegah pengisian elektronik. Untuk melakukan analisis, sampel harus masuk ke dalam ruang sampel instrumen, yang dapat menampung sampel dengan dimensi terpanjang empat inci (kira-kira 10 cm) dan ketebalan sekitar satu inci (2,5 cm). Selain itu, terdapat batasan pada konten sampel yang mudah menguap karena penggunaan gas yang berlebihan dapat merusak kinerja instrumen.

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir



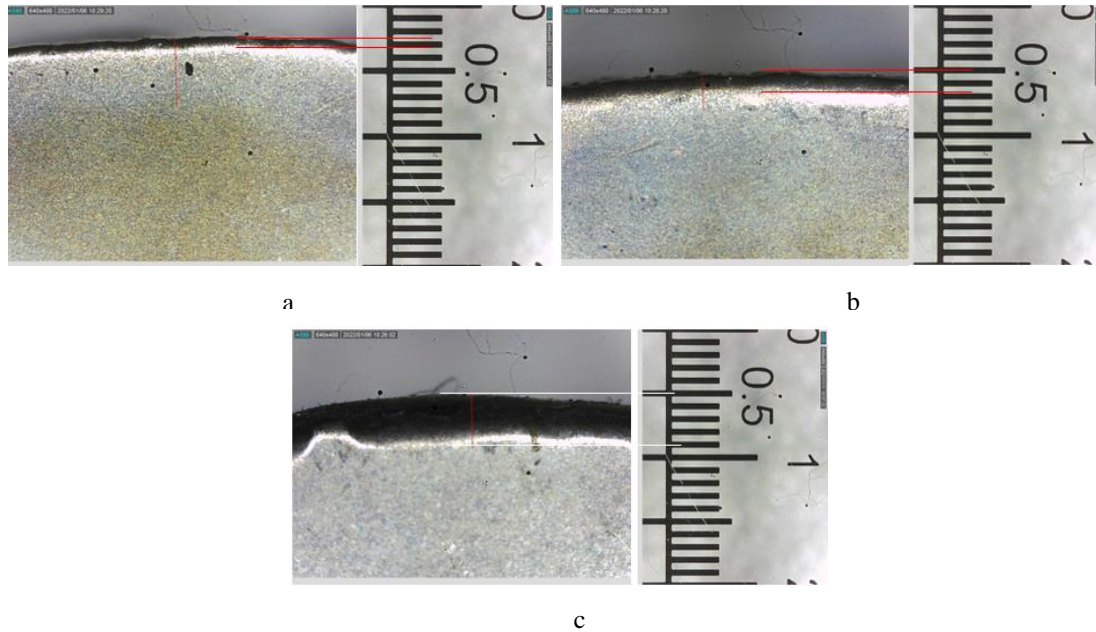
PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN

A. Data Hasil Pengujian

Tabel hasil pengujian kedalaman pengerasan dengan metode vickers

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)				
		titik 1	titik 2	titik 3	titik 4	titik 5
1	4140	308.8	297.9	287.8	455.5	320.0
2	700	455.5	421.9	384.3	384.3	369.5
3	800	745.0	698.2	602.9	590.8	585.6
4	900	770.4	766.6	756.7	696.3	625.8

ANALISA PENGARUH PENINGKATAN TEMPERATUR KARBURASI TERHADAP PENINGKATAN KARBON DAN KEDALAMAN Pengerasan PADA BAJA PADUAN RENDAH AISI 4140 DENGAN MEDIA PENDINGIN ASAM CUKA



Gambar hasil pengujian mikroskop optik perbesaran 200x : a. temperatur 700°C, b. 800°C dan, c. 900°C

Tabel hasil pengujian SEM-EDS temperatur 700°C

sampel standart 253

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Fe	26	7123	84.77	82.95	53.47	2.77	3.27
C	6	529	15.12	14.79	44.33	4.16	27.55
Cr	24	190	1.25	1.22	0.85	0.13	10.39
Al	13	88	0.60	0.59	0.78	0.11	17.66
Si	14	89	0.46	0.45	0.58	0.08	18.37
		Sum	102.19	100.00	100.00		

Tabel hasil pengujian SEM-EDS temperatur 800°C

sampel standart 254

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Fe	26	17153	88.51	81.65	50.78	2.73	3.08
C	6	1422	17.19	15.86	45.87	3.57	20.75
F	9	515	1.42	1.31	2.39	0.42	29.39
Cr	24	359	0.96	0.88	0.59	0.09	9.12
Si	14	157	0.33	0.30	0.37	0.06	18.01
		Sum	108.41	100.00	100.00		

Tabel hasil pengujian SEM-EDS temperatur 900°C

sampel standart 257

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Fe	26	16878	83.35	77.53	45.26	2.57	3.09
C	6	1630	18.83	17.51	47.53	3.77	20.04
Al	13	756	2.08	1.93	2.33	0.17	7.98
O	8	363	1.66	1.54	3.14	0.54	32.50
Cr	24	315	0.80	0.75	0.47	0.08	9.96
F	9	282	0.79	0.74	1.26	0.29	36.97
		Sum	107.50	100.00	100.00		

B. Pembahasan Hasil Pengujian

1. Kedalaman Pengerasan dengan Metode Vickers

Dari hasil pengujian kedalaman pengerasan dengan metode pengujian micro-vickers didapatkan kekerasan pada material tanpa perlakuan sebesar 308.8 HV pada jarak 15 μm , 297.9 HV pada jarak 30 μm , 287.8 HV pada jarak 45 μm , 310.8 HV pada jarak 60 μm , dan 320 HV pada jarak 75 μm . Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang tinggi terletak pada titik ke-5 pada jarak 75 μm yaitu sebesar 320 HV. Maka hal tersebut berbanding dengan teori dimana kekerasan baja AISI 4140 ialah sebesar $\pm 200\text{-}300$ HV.

Dari hasil pengujian kedalaman pengerasan dengan metode pengujian micro-vickers didapatkan kekerasan pada material yang telah melalui proses berupa proses carburizing 700°C sebesar 455.5 HV pada jarak 15 μm , 421.9 HV pada jarak 30 μm , 384.3 HV pada jarak 45 μm , 384.3 HV pada jarak 60 μm , dan 369.5 HV pada jarak 75 μm . Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang tinggi terletak pada titik ke-1 pada jarak 15 μm yaitu sebesar 455.5 HV. Hal ini menunjukkan bahwa kekerasan pada permukaan atau kekerasan pada bagian tepi akan ditemukan jauh lebih besar daripada kekerasan yang terletak dekat pada sumbu spesimen. Hal tersebut sesuai dengan apa yang dimaksud dengan pengerasan permukaan (*surface hardening*).

Dari hasil pengujian kedalaman pengerasan dengan metode pengujian micro-vickers didapatkan kekerasan pada material yang telah melalui proses berupa proses carburizing 800°C sebesar 745 HV pada jarak 15 μm , 698.2 HV pada jarak 30 μm , 602.9 HV pada jarak 45 μm , 590.8 HV pada jarak 60 μm , dan 585.6 HV pada jarak 75 μm . Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang tinggi terletak pada titik ke-1 pada jarak 15 μm yaitu sebesar 698.2 HV. Hal ini menunjukkan bahwa kekerasan pada permukaan atau kekerasan pada bagian tepi akan ditemukan jauh lebih besar daripada kekerasan yang terletak dekat pada sumbu spesimen. Hal tersebut sesuai dengan apa yang dimaksud dengan pengerasan permukaan (*surface hardening*).

Dari hasil pengujian kedalaman pengerasan dengan metode pengujian micro-vickers didapatkan kekerasan pada material yang telah melalui proses berupa proses carburizing 900°C sebesar 770.4 HV pada jarak 15 μm , 766.6 HV pada jarak 30 μm , 756.7 HV pada jarak 45 μm , 696.3 HV pada jarak 60 μm , dan 625.8 HV pada jarak 75 μm . Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang tinggi terletak pada titik ke-1 pada jarak 15 μm yaitu sebesar 770.4 HV. Hal ini menunjukkan bahwa kekerasan pada permukaan atau kekerasan pada bagian tepi akan ditemukan jauh lebih besar daripada kekerasan yang terletak dekat pada sumbu spesimen. Hal tersebut sesuai dengan apa yang dimaksud dengan pengerasan permukaan (*surface hardening*).

2. Ketebalan Lapisan dengan Mikroskop Optik

Gambar a. merupakan gambar hasil pengamatan dengan mikroskop optik pada proses karburasi dengan temperatur 700°C menggunakan waktu penahanan 3 jam didapatkan ketebalan sebesar 50 μm atau 0.05 mm. Gambar b. merupakan gambar hasil pengamatan dengan mikroskop optik pada proses karburasi dengan temperatur 800°C menggunakan waktu penahanan 6 jam ketebalan lapisan sebesar 0.18 mm atau sebesar 180 μm . Gambar c. merupakan gambar hasil pengamatan dengan mikroskop optik pada proses

ANALISA PENGARUH PENINGKATAN TEMPERATUR KARBURASI TERHADAP PENINGKATAN KARBON DAN KEDALAMAN Pengerasan pada Baja Paduan Rendah AISI 4140 dengan Media Pendingin Asam Cuka

karburasi dengan temperatur 900°C menggunakan waktu penahanan 9 jam didapatkan ketebalan lapisan sebesar 0.43 mm atau sebesar 430 µm.

3. Komposisi yang Terkandung dengan SEM-EDS

Dari data tabel kombinasi *carburizing* 700°C dengan menggunakan waktu pertahanan karburasi selama 3 jam didapatkan komposisi dari unsur-unsur kimia yang terkandung adalah sebesar 15.12% massa karbon dan 44.33% atom karbon. Selanjutnya pada temperatur 800°C dengan waktu penahanan 6 jam memiliki berat atom sebesar 17.19% dan atom sebesar 45.87%, dan yang terakhir pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 9 jam didapatkan massa karbon sebesar 18.83% dan memiliki atom sebesar 47.53%.

KESIMPULAN

Seiring dengan penambahan temperatur saat proses karburasi dengan peningkatan temperatur dan juga dengan media pendingin asam cuka dapat menambah kekerasan yang spesifik dan nilai kekerasan permukaan lapisan akan semakin tinggi dari hasil penelitian karburasi didapatkan kandungan karbon dalam presentase massa maupun atom, hal ini berbanding lurus dengan penelitian Sudiro (2013) dimana dalam penelitiannya mengatakan bahwa semakin meningkatnya temperatur karburasi semakin meningkat pula kekerasan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Firdaus, Y. R., Hairul Bahri, M., & Shofiyah, R. (2020). The Effect Of Heat Treatment And Quenching Variations On The Type Of Carbon Steel Medium ST 60 On The Rocwell Hardness Test. In *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin* (Vol. 4, Issue 2). <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/J-Proteksion>
- Kim, C., Joshi, S., & Cauwenberghs, G. (2019). *Patent Application Publication: US 2019 / 0253069 A1. 1*, 1–10. Of, C., & Gear, A. B. (n.d.). *Carburizing and Nitriding Treatment Modeling*. 44–47.
- Senatorski, J., & Tacikowski, J. (2017). *Wear Resistance Characteristics of Thermo- -Chemically Treated Structural Steels Charakterystyki odporności na zużycie przez tarcie obrobionych cieplno- chemicznie stali konstrukcyjnych*. 171–178.
- Noviatiningrum, N., Sidi, P., K, H. B., Teknik, S., Teknik, J., & Kapal, P. (n.d.). *Analisa Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan , serta Cara Pendinginan pada Proses Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah*. 260–270.
- Tarwijayanto, D., Purwo Raharjo, W., & Triyono, T. (2013). Pengaruh Arus dan 43 Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan dan Tingkat Kekerasan Mikro Pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1026 dengan Menggunakan CrO₃ 250gr/lit dan H₂SO₄ 2,5 gr/lit pada Proses Elektroplating. *Mekanika*, 11(Dc), 109–115.
- Retrievedfrom<http://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/mekanika/article/viewFile/136/129>Isworo, H., & Sumantri, D. (2020). Pengaruh Holding Time Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja St41 Pada Proses Carburizing Arang Tempurung Kelapa. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 157–166. <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.124>
- Chiavari, C., Bernardi, E., Balijepalli, S. K., Kaciulis, S., Ceschini, L., & Martini, C. (2014). Influence of low-temperature carburising on metal release from AISI316L austenitic stainless steel in acetic acid. *Journal of Food Engineering*, 137, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.03.030>
- Akbar, A., Firdaus, R., & Mulyadi, M. (2019). The influence of acid and base solutions on the quenching process against the hardness of ST37 steel. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/4/044065>

- Rasid, M. (2020). Innovation Utilization of Nitridation Method in Improving Hardness and Corrosion Resistance of Blacksmiths Crafts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1500(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012037>
- Septianto, B. A., & Setiyorini, Y. (2013). Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), F342–F347. <http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/3846%0Ahttp://ejournal.its.ac.id>
- Sari, N. H. (2017). Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(4), 263. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i4.2091>
- Gunawan, E. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 117. <https://doi.org/10.51804/tesj.v1i2.133.117-124>
- Abidah, A. F., & Drastiawati, N. S. (n.d.). Analisis SS400 Hasil Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-BaCO₃ dengan Variasi Temperatur Pemanasan dan Holding Time Ditinjau dari Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro ANALISIS SS400 HASIL CARBURIZING MEDIA ARANG TEMPURUNG KELAPA-BaCO₃ DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN HOLDING TIME DITINJAU DARI PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO.