E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 3 Tahun 2026

ANALISIS PENGARUH KONSENTRASI *KATALIS* ORGANIK DAN TEMPERATUR *PACK CARBURIZING* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR BAJA *S45C* SEBAGAI MATERIAL RODA GIGI

Rindu Bintang Tafaruk[1], Hanna Zakiyya[2]
S1 Teknik Mesin /Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: bintangtafaruk@gmail.com

ABSTRACT

Gears require materials with high surface hardness while maintaining good core toughness to withstand wear and tangential-radial loads during operation. S45C steel is widely used for gear components due to its good machinability and relatively economical price, although its initial surface hardness still needs to be improved through the pack carburizing process. This study aims to analyze the effect of varying organic catalyst concentrations derived from blood clam shells (Anadara granosa) as an alternative $CaCO_3$ source, and pack carburizing temperature (850˚C and 900˚C), on the hardness, impact strength, and microstructure of S45C steel. The results showed that the pack carburizing treatment significantly increased the hardness of S45C steel from 24.34 HRC (raw material) to 52.18-61.50 HRC, with the highest value obtained at a temperature of 900˚C and a catalyst concentration of 25%. At 850˚C, hardness increased gradually with increasing catalyst concentration, whereas at 900˚C an optimum point was found at a concentration of 25%, before decreasing at a concentration of 35% due to the over-carburizing phenomenon. Metallographic observations showed a gradual transformation from a ferrite-pearlite structure toward a structure dominated by martensite and retained austenite as catalyst concentration and temperature increased. Nearly all specimens resulting from pack carburizing met the minimum hardness standard for case-hardened gears grade 1 according to AGMA 2001-D04 (55-64 HRC), demonstrating that organic catalysts derived from blood clam shells have potential for use as an alternative catalyst in the pack carburizing process.

Keywords: *Pack carburizing, S45C steel, organic catalyst, blood clam shell (Anadara granosa), microstructure*

ABSTRAK

Roda gigi membutuhkan material dengan kekerasan permukaan tinggi namun tetap memiliki ketangguhan inti yang baik agar tahan terhadap keausan dan beban tangensial-radial selama beroperasi. Baja S45C banyak digunakan untuk komponen roda gigi karena kemampuan mesin yang baik dan harga ekonomis, namun kekerasan permukaan awalnya masih perlu ditingkatkan melalui proses *pack carburizing*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi katalis organik berbasis cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai sumber $CaCO_3$ alternatif dan temperatur *pack carburizing* (850˚C dan 900˚C) terhadap kekerasan, kekuatan impak, dan struktur mikro baja S45C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *pack carburizing* meningkatkan kekerasan baja S45C secara signifikan dari 24,34 HRC (raw material) menjadi 52,18–61,50 HRC, dengan nilai tertinggi diperoleh pada temperatur 900˚C dan konsentrasi katalis 25%. Pada temperatur 850˚C, kekerasan meningkat secara bertahap seiring bertambahnya konsentrasi

Article History
Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

katalis, sedangkan pada 900°C ditemukan titik optimum pada konsentrasi 25%, sebelum menurun pada konsentrasi 35% akibat fenomena *over-carburizing*. Pengamatan metalografi menunjukkan transformasi bertahap dari struktur ferit-perlit menuju struktur yang didominasi martensit dan *retained austenite* seiring meningkatnya konsentrasi katalis dan temperatur. Hampir seluruh spesimen hasil *pack carburizing* telah memenuhi standar minimum kekerasan roda gigi *case hardening* grade 1 menurut AGMA 2001-D04 (55–64 HRC), yang membuktikan bahwa katalis organik dari cangkang kerang darah berpotensi digunakan sebagai katalis alternatif dalam proses *pack carburizing*.

Kata Kunci: Pack carburizing, Baja S45C, Katalis Organik, Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*), struktur mikro.

PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki kekuatan, ketangguhan, kemampuan manufaktur, serta harga yang relatif ekonomis. Salah satu penerapannya adalah pada roda gigi yang berfungsi meneruskan daya dan torsi dalam sistem transmisi (Komarov & Zhukov, 2019). Selama beroperasi, roda gigi menerima beban tangensial dan radial yang dapat menyebabkan keausan, deformasi, hingga patahnya gigi apabila sifat mekanik material tidak memadai (Panggabean & Darmadi, 2023). Oleh karena itu, roda gigi membutuhkan material dengan kekerasan permukaan tinggi untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan, tetapi tetap memiliki ketangguhan inti yang baik. Kerusakan roda gigi dengan kekerasan rendah sekitar 25 HRC juga telah dilaporkan akibat *overload breakage* (Sundari,dkk.. 2018).

Baja S45C merupakan baja karbon menengah yang banyak digunakan untuk komponen mesin, termasuk roda gigi, karena memiliki kemampuan mesin yang baik dan harga yang relatif ekonomis. Namun, kekerasan permukaan awalnya masih perlu ditingkatkan untuk menghadapi kondisi gesekan dan pembebanan berulang (Negara & Widiyarta, 2019). Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *pack carburizing*, yaitu proses difusi karbon ke permukaan baja pada temperatur tinggi, kemudian dilanjutkan dengan *quenching* untuk membentuk martensit berkekerasan tinggi dan *tempering* untuk mengurangi kerapuhan akibat proses pengerasan; (Harmaji, 2023).

Keberhasilan *pack carburizing* dipengaruhi oleh temperatur dan konsentrasi katalis yang membantu pembentukan gas karbon aktif selama proses difusi. $CaCO_3$ merupakan salah satu katalis yang efektif digunakan dalam proses karburisasi. Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) berpotensi menjadi sumber $CaCO_3$ karena mengandung sekitar 98% $CaCO_3$ serta tersedia melimpah sebagai limbah rumah tangga dan industri makanan (Puspitasari,dkk., 2018). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan $CaCO_3$ dari cangkang kerang darah dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja hingga 41,76 HRC (Anshari, 2024). Namun, pengaruh variasi konsentrasi katalis dan temperatur terhadap kombinasi kekerasan, ketangguhan, dan struktur mikro baja S45C masih perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi katalis berbasis cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dan temperatur *pack carburizing* terhadap kekerasan, ketangguhan, serta struktur mikro baja S45C. Hasil penelitian diharapkan dapat menentukan kondisi proses yang efektif untuk meningkatkan kekerasan permukaan dengan tetap mempertahankan ketangguhan material sebagai kandidat material roda gigi.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif deskriptif dengan metode eksperimental dengan menganalisis pengaruh variasi temperatur dan konsentrasi katalis

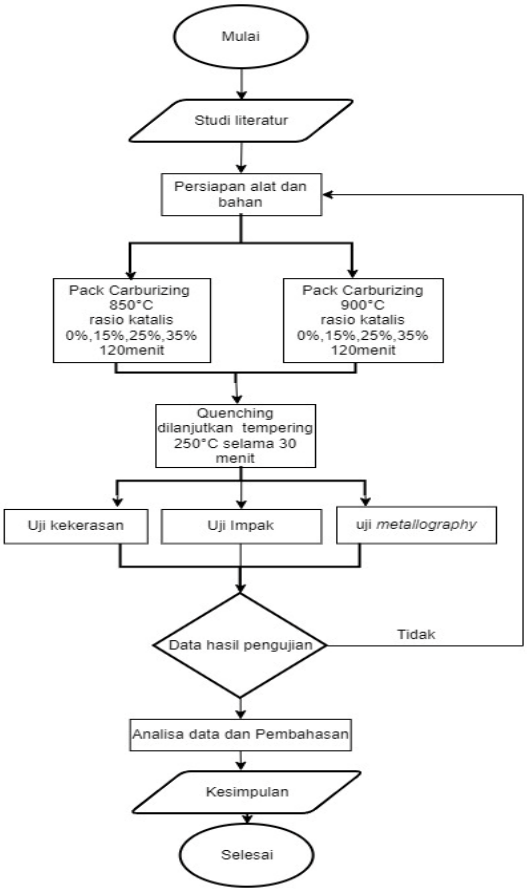
Waktu dan Tempat Penelitian

1. **Waktu Penelitian**
   Waktu penelitian dimulai mei 2026-juni 2026
2. **Tempat Penelitian**
   Tempat penelitian dilakukan di Gedung A8 lab advance material,lab perlakuan bahan A6,lab pengujian bahan politeknik negeri malang

Variabel Penelitian

1. **Variabel Terikat**
   Hasil pengujian kekerasan HRC dan struktur mikro permukaan nilai terendah dan tertinggi(HRC) pasca perlakuan
2. **Variabel bebas**
   konsentrasi katalis dan temperatur
3. **Variabel Kontrol**
   Parameter proses yang dijaga tetap meliputi jenis material S45C, sumber karbon berupa arang tempurung kelapa, waktu tahan 2 jam, media pendingin air, temperatur *tempering 250°C 30menit*, dan ukuran partikel katalis mesh 100.

- **Rancangan Penelitian**



Gambar 1 Diagram Alir

- **Prosedur Penelitian**

1. Persiapan Spesimen
   Spesimen Baja S45C dilakukan proses pemotongan sesuai bentuk dari standar astm E18 uji kekerasan
2. Pemrosesan Katalis dan Media Karbon
   Proses pembuatan katalis dan penghalusan media karbon hingga ukuran mesh 100.
3. Proses *pack carburizing*
   Pack carburizing pada temperatur 850°C dan 900°C dengan konsentrasi 0%,15%,25%,35% katalis dengan *holding time* 2jam.
4. Proses Perlakuan Lanjutan
   pendinginan quenching dengan media air dan dilanjutkan proses tempering pada temperatur 250°C selama 30menit.
5. Pengujian mekanik
   Pengujian mekanik kekerasan menggunakan *hardness rockwell C* dengan ASTM E18 dan dilakukan uji metalografi dengan mikroskop optik.
6. Analisis Data
   Analisis menggunakan gambar grafik hubungan antara temperatur dan konsentrasi katalis terhadap nilai dari uji kekerasan dan struktur mikro.

Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- **Alat**

1. *Muffle furnace naberterm* 1300°C
2. Kotak sementasi sebagai wadah carburizing baja S45C
3. Tang jepit U
4. Penyaring mesh sebagai ayakan media karbon dan katalis
5. Kertas gosok grid 100, 400 untuk menghaluskan permukaan

- **Bahan**

1. Arang tempurung kelapa
2. Cangkang kerang darah
3. Baja S45C

C	Si	Mn	P	S
0.42%	0.08%	0.29%	0.05%	0.05%

- **Instrumen Penelitian**

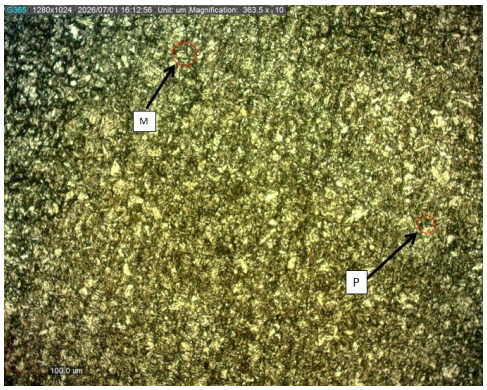
1. Hardness rockwell test tipe C
2. Mikroskop metalografi

HASIL DAN PEMBAHASAN

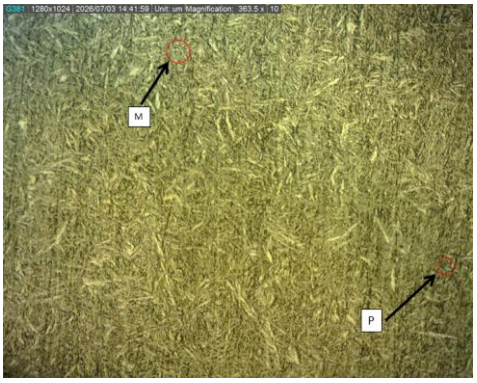
Tabel 1 hasil pengujian kekerasan (HRC)

NO	Kode	HRC	Mean	SD	CV%
RAW					
1	A0B0				
Titik	1	24.2	24,34	0,618	2,84
	2	24.1			
	3	25.2			
	4	24.8			
	5	23.4			
850°C					
2	A1B4				

Titik	1	53,4	52,18	0,85	1.62
	2	52,7			
	3	51,5			
	4	52,3			
	5	51			
900°C					
3	A2B4				
Titik	1	59,5	58,82	0,61	1,03
	2	59			
	3	58,5			
	4	57,8			
	5	59,3			
850°C					
4	A1B1				
Titik	1	54.2	55.5	0.82158	1.47
	2	54,6			
	3	56.3			
	4	55.4			
	5	56.1			
5	A1B2				
Titik	1	57	56.78	0.62418	1.09
	2	57.8			
	3	56.5			
	4	55.9			
	5	56.7			
6	A1B3				
Titik	1	58.2	58.28	0.902	1.55
	2	59.1			
	3	58.5			
	4	59			
	5	56.6			
900°C					
7	A2B1				
Titik	1	61.1	61.05	0.383	0.63
	2	61			
	3	61.4			
	4	60.7			
	5	61.7			
8	A2B2				
Titik	1	63	61.5	0.993	1.62
	2	60.6			
	3	61.2			
	4	60.3			
	5	62.1			
9	A2B3				
Titik	1	59.6	60.5	0.704	1.17
	2	61.1			
	3	60.3			
	4	60.9			
	5	59.6			

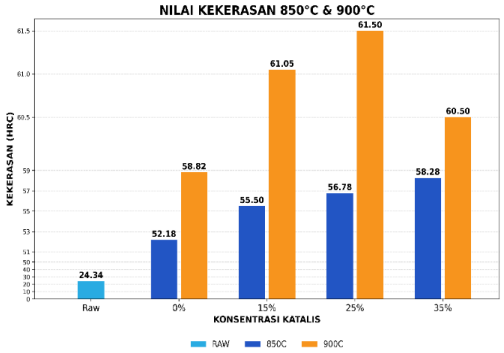


Gambar 2 Struktur Permukaan Baja S45C 850 °C 0%



Gambar 3 Struktur Permukaan Baja S45C 900 °C 25%

Pembahasan



Gambar 4 Grafik nilai kekerasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses *pack carburizing* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekerasan baja S45C. Kekerasan material *raw* sebesar 24,34 HRC, nilai ini sejalan dengan kekerasan awal baja S45C tanpa perlakuan panas yang berkisar 24 HRC dengan struktur dominan ferit dan perlit (Heling & Prayitno, 2019). Kekerasan meningkat setelah diberikan perlakuan *pack carburizing* pada seluruh variasi temperatur dan konsentrasi katalis. Pada temperatur 850°C, peningkatan konsentrasi katalis menyebabkan peningkatan kekerasan secara bertahap dari 55,50 HRC pada konsentrasi 15%, menjadi 56,78 HRC pada konsentrasi 25%, dan mencapai 58,28 HRC pada konsentrasi 35%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penambahan katalis berbasis cangkang kerang darah dapat meningkatkan aktivitas proses karburisasi melalui pembentukan gas karbon aktif selama proses pemanasan, sebagaimana dijelaskan bahwa senyawa $CaCO_3$ berperan sebagai katalis heterogen yang

mempercepat reaksi gasifikasi karbon dan memperkaya atmosfer CO dalam proses karburisasi (Jin & Bao, 2017).

Pada temperatur 900°C, peningkatan kekerasan menunjukkan pola yang berbeda, yaitu meningkat dari 58,82 HRC pada konsentrasi 0% menjadi 61,05 HRC pada konsentrasi 15% dan mencapai nilai tertinggi 61,50 HRC pada konsentrasi 25%, namun menurun menjadi 60,50 HRC pada konsentrasi 35%. Kondisi ini sesuai dengan penjelasan bahwa penggunaan katalis atau suhu yang terlalu tinggi dapat menimbulkan kondisi *over-carburizing* akibat aktivitas karbon berlebih, yang berkaitan dengan terbentuknya austenit sisa dalam jumlah besar sehingga menurunkan kekerasan hasil *quenching* (Adedipe,dkk.,2023),serta suhu yang terlalu tinggi berpotensi memicu *grain growth* yang menurunkan sifat mekanik material.

Peningkatan dikarenakan mekanisme dekomposisi katalis $CaCO_3$ selama proses pemanasan, yaitu $CaCO_3$ terurai menjadi CaO dan CO_2, kemudian CO_2 bereaksi dengan karbon dari arang tempurung kelapa melalui reaksi Boudouard menghasilkan gas CO yang berperan sebagai pembawa karbon aktif menuju permukaan baja (Jin & Bao, 2017). Karbon tersebut selanjutnya berdifusi ke dalam permukaan baja S45C selama proses *holding time*, di mana peningkatan temperatur mempercepat reaksi kimia dan laju difusi karbon, sedangkan peningkatan konsentrasi katalis meningkatkan jumlah gas karbon aktif yang tersedia selama proses karburisasi.

Nilai kekerasan tertinggi sebesar 61,50 HRC diperoleh pada temperatur 900°C dengan konsentrasi katalis 25%, menunjukkan bahwa kombinasi temperatur dan konsentrasi katalis memiliki pengaruh terhadap efektivitas proses *pack carburizing*. Hasil ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang juga menunjukkan adanya titik optimum kombinasi temperatur dan konsentrasi katalis organik berbasis $CaCO_3$ dalam meningkatkan kekerasan baja karbon sedang, misalnya pada baja AISI 1045 yang meningkat dari 25,2 HRC menjadi 62,4 HRC setelah *pack carburizing* dengan katalis cangkang kerang (Saputra, 2022)

Hasil pengamatan struktur mikro memperkuat hubungan antara peningkatan kekerasan dan perubahan fasa pada baja S45C. Pada material dengan kekerasan lebih rendah, struktur mikro menunjukkan dominasi ferit dan perlit yang relatif lebih kasar (Heling & Prayitno, 2019), sementara pada spesimen dengan kekerasan tertinggi (900°C, 25% katalis) terlihat struktur martensit yang lebih dominan dan tersebar lebih rapat. Pembentukan martensit ini terjadi akibat kandungan karbon yang lebih tinggi pada permukaan selama karburisasi serta pendinginan cepat menggunakan media air, di mana pendinginan cepat menyebabkan transformasi fasa dari austenit menjadi martensit yang bersifat keras (Troell ,dkk.., 2014). Struktur martensit memiliki kekerasan tinggi karena terbentuk melalui transformasi austenit secara cepat sehingga atom karbon terperangkap dalam struktur kristal, sejalan dengan mekanisme transformasi yang digambarkan pada diagram TTT dan CCT baja karbon menengah (Mulyadi ,dkk., 2022).

Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara konsentrasi katalis, temperatur proses, perubahan mikrostruktur, dan peningkatan kekerasan baja S45C. Cangkang kerang darah yang mengandung $CaCO_3$ (Mekar Insani & Rahmatsyah, 2021) ,dapat dimanfaatkan sebagai katalis alternatif dalam proses *pack carburizing*. Pemanfaatan limbah tersebut tidak hanya meningkatkan kekerasan permukaan baja, tetapi juga memberikan alternatif material katalis yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan, sebagaimana ditegaskan bahwa katalis organik berbasis limbah memiliki keunggulan tidak menghasilkan residu beracun serta biaya operasional lebih rendah dibandingkan katalis anorganik (Adedipe,dkk., 2023).

SIMPULAN

1. Variasi konsentrasi katalis organik cangkang kerang darah dan temperatur pack carburizing berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dan kekuatan impak baja S45C. Seluruh spesimen yang mengalami pack carburizing mengalami peningkatan kekerasan yang sangat signifikan dibandingkan raw material (24,34 HRC), dengan rentang nilai akhir 52,18-61,50

HRC. Pada temperatur 850°C, kekerasan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi katalis, dari 52,18 HRC (0%) hingga 58,28 HRC (35%), atau selisih sebesar 6,10 HRC. Pada temperatur 900°C, pola yang teramati membentuk kondisi optimum: kekerasan meningkat dari 58,82 HRC (0%) menjadi 61,05 HRC (15%) dan mencapai nilai tertinggi pada seluruh penelitian sebesar 61,50 HRC pada konsentrasi 25% (A2B2), namun sedikit menurun menjadi 60,50 HRC pada konsentrasi 35% akibat fenomena over-carburizing. Seluruh spesimen hasil pack carburizing kecuali spesimen A1B4 telah memenuhi standar minimum kekerasan roda gigi case hardening grade 1 menurut AGMA 2001-D04 (55-64 HRC), yang membuktikan bahwa katalis organik cangkang kerang darah dapat digunakan sebagai sumber $CaCO_3$ alternatif pada proses pack carburizing untuk aplikasi komponen roda gigi.

2. Pengamatan metalografi menunjukkan transformasi bertahap dari struktur ferit-perlit menuju martensit seiring meningkatnya konsentrasi katalis dan temperatur, sebagai akibat percepatan reaksi dekomposisi termal $CaCO_3$ ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$) dan reaksi Boudouard ($CO_2 + C \rightarrow 2CO$) yang meningkatkan pasokan gas karbon monoksida sebagai pembawa karbon aktif ke permukaan baja. Pada temperatur 900°C, struktur mikro paling homogen dan didominasi martensit acicular halus dicapai pada konsentrasi katalis 25% (A2B2) sedangkan pada variasi 850°C dengan 0% katalis menunjukkan fasa perlit dan martensit yang belum berbentuk *lath*.

SARAN

1. Perlu dilakukan perbandingan antara katalis $CaCO_3$ anorganik dengan katalis organik.
2. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi variasi waktu penahanan (holding time) proses pack carburizing sebagai parameter tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

Adedipe, O., Medupin, R. O., Yoro, K. O., Dauda, E. T., Aigbodion, V. S., Agbo, N. A., Oyeladun, O. W. A., Mokwa, J. B., Lawal, S. A., Eterigho-Ikelegbe, O., & Sadare, O. O. (2023). Sustainable carburization of low carbon steel using organic additives: A review. *Sustainable Materials and Technologies*, *38*. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2023.e00723

Departemen, A. P., Kedokteran, I., Anak, G., Gigi, K., Brawijaya, U., Puspitasari, A., Adi, P., & Rubai, D. F. (2018). Pemanfaatan cangkang kerang darah (Anadara granosa) dalam remineralisasi gigi sulung. In *IDGAI Journal of Indonesian Dental Association*. *Maret* (Vol. 1, Number 1).

Harmaji, R. (2023). EFFECT OF QUENCHING MEDIUM AND TEMPERING TEMPERATURE ON MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF JIS SUP 9 STEEL (PENGARUH MEDIA PENDINGIN DAN TEMPERATUR TEMPERING PADA MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN BAJA JIS SUP 9). *Journal Renewable Energy & Mechanics*, *6*(01). https://doi.org/10.25299/rem.2023.vol6(01).10973

Heling, E., & Prayitno, D. (2019). PENGARUH KARBURISASI YANG DILANJUTKAN DENGAN PROSES QUENCHING DALAM MEDIA AIR TERHADAP KEKERASAN BAJA S45C. In *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti* (Vol. 4, Number 2).

Jin, J., & Bao, W. (2017). Study on the Mechanism of Heterogeneous Catalysis (1) —The Measurement of Equilibrium Pressure of Reaction BaCO + C = BaO + 2CO, the Chemical States of Fe in Reaction Tank, and Chemical Reaction Model Catalytic Cycle Mechanism (CRMM). *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, *05*(07), 90–100. https://doi.org/10.4236/msce.2017.57010

Komarov, A., & Zhukov, V. (2019). Evaluation of the strength of flat gears according to the criterion of the onset of plastic deformation. *Key Engineering Materials*, *822*, 695–700. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.822.695

Mekar Insani, P. S., & Rahmatsyah, dan. (2021). Analisis Pola Struktur Kalsium Karbonat (CaCO3) pada Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) di Bukit Kerang Kabupaten Aceh Tamiang. In *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 09, Number 01).

Mulyadi, M., Tafrant, D., Hendradinata, H., & Zainuddin, Z. (2022). *The Effect of Quenching Media on the Hardness of AISI 1045 Steel*.

Negara, D. N. K. P., & Widiyarta, I. M. (2019). The study on mechanical properties of pack carburized low carbon steel using BaCO3 as energizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *673*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012125

Panggabean, H., & Darmadi, H. (2023). Besarnya Gaya Radial Yang Terjadi Pada Sepasang Roda Gigi Lurus Akibat Adanya Sudut Tekan Dari Roda Gigi Penggerak Di Alat Double Deck Bunch Crusher. *Jurnal Vokasi Teknik*, *1*(2), 10–16.

Saputra, E. (2018). *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kekerasan Permukaan Baja Carbon Sedang AISI 1045 Menggunakan Cangkang Kelapa Sawit dan Katalis dengan Metode Pack Carburizing*.

Sundari, E., Fahlevi, R., Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Sriwijaya Jl Srijaya Negara, J., & Besar, B. (n.d.). ANALISA PENGARUH PACK CARBURIZING TERHADAP SIFAT MEKANIS SPROCKET IMITASI SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN ARANG KAYU GELAM DAN SERBUK CANGKANG REMIS SEBAGAI KATALISATOR. *JURNAL AUSTENIT*, *10*(2).

Troell, E., Kristoffersen, H., Bodin, J., & Segerberg, S. (2014). Controlling the Cooling Process – Measurement, Analysis, and Quality Assurance. In *Comprehensive Materials Processing: Thirteen Volume Set* (Vol. 12, pp. V12-99-V12-121). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.01204-8