

## STUDI KOMPARATIF PENGARUH NITROCARBURIZING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN SIFAT FISIK BAJA KARBON RENDAH

1,2,3) Program Studi Teknik  
Mesin, Universitas Tidar,  
Kota Magelang, Indonesia,

Yunus Bayu Saputro<sup>1\*</sup>, Nurhadi<sup>2)</sup>, R. Faiz Listyanda<sup>3)</sup>

Corresponding email <sup>1)</sup> :  
[yunusbayusaputro@gmail.com](mailto:yunusbayusaputro@gmail.com)

Received: 06.08.2024  
Accepted: 10.10.2024  
Published: 28.12.2024

©2024 Politala Press.  
All Rights Reserved.

**Abstrak.** Penggunaan baja struktural dalam kehidupan sehari-hari yang semakin luas namun terlepas dari itu sifat baja yang mudah mengalami korosi mengakibatkan kerugian finansial dan juga membahayakan keselamatan apabila terjadi kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh nitrocarburing, perbandingan kekerasan, laju korosi, struktur mikro dan komposisi pada bahan karbon rendah SS400 dan ASTM A36. Metode penelitian yang digunakan adalah metode ekperimental. Teknik analisis data diperoleh dengan membandingkan hasil masing-masing pengujian. Hasil pengujian nitrocarburing memperlihatkan adanya perbedaan nilai kekerasan dan laju korosi pada ss400 dan ASTM A36. Hasil uji SS400 pada temperatur 350°C sebesar 221,04 VHN dan 0,26993 mpy, temperatur 400°C sebesar 278,85 VHN dan 0,30959 mpy, serta temperatur 450°C sebesar 440,39 VHN dan 1,4548 mpy. Sedangkan hasil uji ASTM A36 pada temperatur 350°C sebesar 377,43 VHN dan 0,43071 mpy, temperatur 400°C sebesar 399,58 VHN dan 0,085371 mpy, serta temperatur 450°C sebesar 230,83 VHN dan 1,4336 mpy.

**Kata Kunci:** Nitrocarburing, SS400, ASTM A36, perlakuan panas

**Abstract.** The increasingly widespread use of structural steel in everyday life, despite its tendency to undergo corrosion, results in financial losses and poses safety risks if damage occurs. This study aims to analyze the effects of nitrocarburing on the hardness, corrosion rate, microstructure, and composition of low-carbon materials SS400 and ASTM A36. The research method used is experimental. Data analysis techniques were obtained by comparing the results of each test. The nitrocarburing test results showed differences in hardness values and corrosion rates for SS400 and ASTM A36. The SS400 test results at 350°C were 221.04 VHN and 0.26993 mpy, at 400°C were 278.85 VHN and 0.30959 mpy, and at 450°C were 440.39 VHN and 1.4548 mpy. The ASTM A36 test results at 350°C were 377.43 VHN and 0.43071 mpy, at 400°C were 399.58 VHN and 0.085371 mpy, and at 450°C were 230.83 VHN and 1.4336 mpy.

**Keywords:** Nitrocarburing, structural steel 400, ASTM A36, heat treatment

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v11i2.282>

### 1. Pendahuluan

Logam banyak digunakan sampai sekarang ini dalam kehidupan sehari-hari karena penggunaannya sangat luas. Logam umumnya dikenal mempunyai sifat-sifat seperti konduktivitas panas dan listrik yang tinggi, kekuatan mekanis, kemampuan untuk dibentuk dengan cara dicetak dan ditempa, dan kemampuan untuk mengkilap. Sifat logam yang kuat, tahan panas serta dapat dibentuk menjadi bahan utama berbagai barang kebutuhan seperti kapal, mobil, kereta api, sepeda motor serta konstruksi bangunan, dan sebagainya. Baja merupakan logam paduan yang berbasah dasar besi serta unsur karbon sebagai paduannya (berkisar antara 0.2 – 2.1%). Dengan melakukan variasi kandungan unsur paduan serta karbon didalam baja bisa membuat berbagai macam jenis baja dengan kualitas baja yang berbeda-beda [1]. Penggunaannya yang semakin masif banyak memunculkan berbagai pengembangan

material baja dengan tujuan meningkatkan kualitas baja, sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama [2]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas material baja adalah proses *nitrocarburizing* [3].

Penggolongan bahan logam dapat dikelompokkan menjadi logam ferro dan non-ferro. Logam yang mengandung unsur besi disebut logam ferro, sementara logam yang tidak mengandung besi adalah logam non-ferro [4]. Logam juga sangat mudah mengalami korosi, dimana korosi dikenal merugikan karena bersifat merusak dan membahayakan. Korosi adalah reaksi penurunan kualitas material logam yang terjadi oleh reaksi sinergi antara logam dan lingkungan sekitarnya [5]. Dimana lingkungan akan terdifusi sehingga mengakibatkan reaksi-reaksi baru yang akan menyebabkan perubahan *properties* [6]. Korosi dapat dikatakan bentuk kebalikan dari metalurgi atau *metallurgy in reverse*, karena korosi mengembalikan logam pada keadaan alami yang stabil [6]. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan korosi suatu baja yaitu dengan meningkatkan kadar karbon. Pengaruh kandungan C (karbon) pada suatu fasa telah menyebabkan perilaku korosi yang berbeda dimana kandungan martensit yang lebih tinggi memiliki ketahanan korosi terbaik daripada fasa lainnya. Dengan adanya fasa martensit dengan fraksi volume seimbang dari fasa tersebut tidak hanya akan menghasilkan peningkatan ketahanan korosi, tetapi juga sifat kekerasan pada baja karbon [7].

Pada penelitian ini bertujuan untuk melihat dampak proses *nitrocarburizing* terhadap laju korosi dan kekerasan, variasi temperatur pada proses *nitrocarburizing* memiliki efek yang berbeda-beda terhadap laju korosi dan kekerasan. Suhu proses pengarbonan dipilih 350°C, 400°C, dan 450°C dengan waktu proses penahanan 2 jam. Pemilihan suhu proses pengarbonan didasarkan pada suhu austenisasi baja karbon rendah yaitu antara 300°C - 950°C [8]. Dengan adanya modifikasi permukaan ini diharapkan mampu menghasilkan material yang lebih tahan terhadap korosi, sehingga umur pakai material dapat lebih lama. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menemukan hasil dari material yang diuji tersebut agar dapat meningkatkan performa kinerja dari material tersebut dalam menghadapi masalah korosi dan mengoptimalkan pengaplikasiannya agar lebih maksimal. Salah satu metode untuk meningkatkan ketahanan baja karbon rendah terhadap korosi adalah dengan *nitrocarburizing surface hardening*. Peristiwa korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi laju korosinya dan hal ini mendorong peneliti untuk melakukan penelitian terhadap kekerasan dan laju korosi dengan metode *nitrocarburizing* pada material baja karbon rendah serta penelitian dengan metode ini masih belum banyak dilakukan dan dapat dikembangkan lagi.

## 2. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang efek *nitrocarburizing* pada material low carbon steel terhadap ketahanan korosi dan kekerasan dengan parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi gas yang digunakan yaitu 50% Argon, 10% C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> dan 40% Nitrogen, waktu yang digunakan konstan selama 6 jam dan tegangan diatur dari 300 V ke 450 V untuk mendapatkan temperatur yang berbeda yaitu 300°C–450°C [3]. Hasil dari penelitian ini adalah kekerasan yang diperoleh 131% hingga 313% dari nilai kekerasan awal. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, peningkatan temperatur pada kisaran 350 – 450°C hanya memberikan peningkatan nilai kekerasan 22%. Ketahanan korosi meningkat seiring dengan peningkatan temperatur *nitrocarburizing*.

Penelitian tentang analisis pengaruh variasi temperatur proses pack carburizing terhadap laju korosi material baja karbon ASTM A36 dengan menggunakan variasi temperatur 850, 900, dan 950°C dan waktu tahan selama 2 jam menggunakan karbon aktif konvensional dan energizer dari cangkang telur [9]. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah proses pack carburizing berpengaruh terhadap laju korosi dari baja ASTM A36 dengan ditunjukkan oleh penurunan laju korosi yang terjadi, sementara variasi temperatur pada proses pack carburizing terhadap laju korosi dari baja ASTM A36 tidak berpengaruh secara signifikan.

Penelitian tentang analisis SS400 hasil carburizing media arang tempurung kelapa-BaCO<sub>3</sub> dengan variasi temperatur pemanasan dan holding time ditinjau dari pengujian kekerasan dan struktur mikro. Metode carburizing yang digunakan adalah pack carburizing dengan arang tempurung kelapa yang digunakan dalam proses carburizing tersebut adalah 250 gram dan 20% BaCO<sub>3</sub> [10].

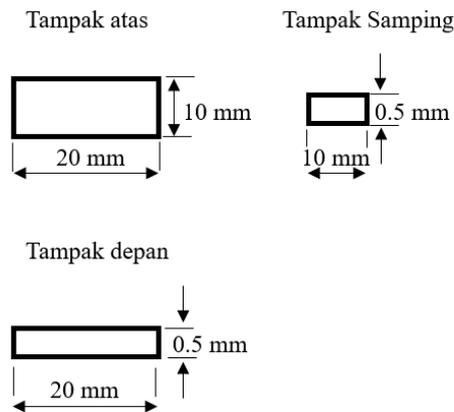
## 3. Metodologi

Proses pembuatan spesimen dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin (S1), Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Uji kekerasan dan proses *nitrocarburizing* dilakukan dengan menggunakan tabung *nitrocarburizing* di Lab. Radiasi BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) Yogyakarta dengan metode plasma, sedangkan uji korosi, uji struktur mikro dan uji komposisi dilakukan di laboratorium Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan terhadap objek yang diteliti dengan membandingkan apabila dilakukan perlakuan dan tanpa adanya perlakuan. Pengujian dilakukan dengan pengujian sebanyak 8 spesimen dengan bentuk balok, bentuk dan ukuran spesimen dapat dilihat pada Gambar 1. Material yang digunakan yaitu SS400 dan ASTM A36. Pada proses *nitrocarburizing* menggunakan 3 variasi temperatur yaitu

350°C, 400°C dan 450°C. Pengambilan nilai kekerasan menggunakan uji *vickers*, laju korosi menggunakan potensiodinamik, struktur mikro menggunakan mikroskop optik, dan uji komposisi menggunakan SEM EDS.



**Gambar 1.** Bentuk dan ukuran spesimen

### Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas
  - a. Spesimen baja karbon rendah, yaitu baja SS400 dan baja ASTM A36.
  - b. Temperatur pemanasan 350°C, 400°C dan 450°C.
2. Variabel Terikat  
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah laju korosi dan kekerasan pada baja SS400 dan baja ASTM A36.
3. Variabel Kontrol  
Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah media *quenching* yaitu udara, spesimen dengan dimensi yang sama dan waktu pemanasan selama 2 jam.

### Bahan

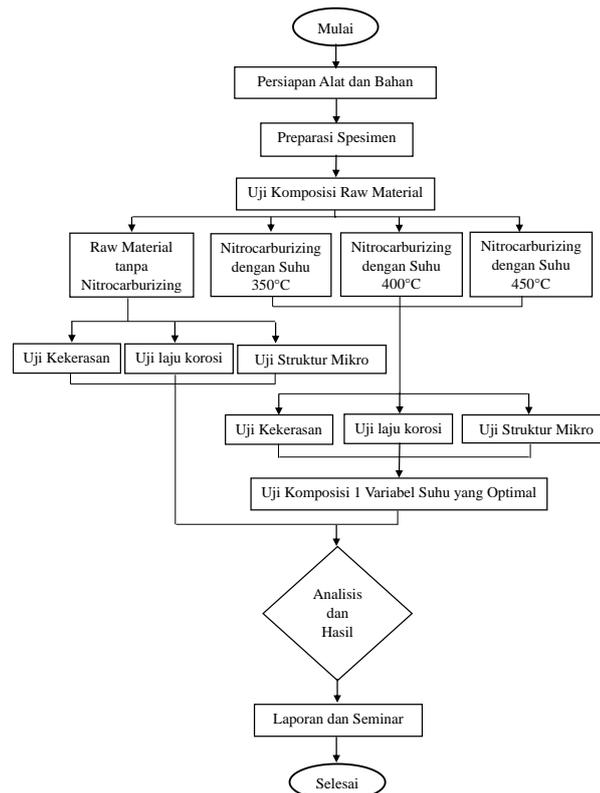
Penelitian ini menggunakan dua jenis bahan, yaitu SS400 dan ASTM A36.



**Gambar 2.** Material (a) SS400 dan (b) ASTM A36

### Tahap Penelitian

- a. Preparasi spesimen  
Persiapan permukaan pada penelitian ini menggunakan *sandpapering grade* #60, #120, #400, #800, #1000 dan #1200. Persiapan permukaan bertujuan untuk menghasilkan permukaan yang rata dan mengkilap. Hal ini agar proses perlakuan dan pengujian bisa maksimal.
- b. Proses pengujian  
Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kekerasan menggunakan alat *vickers* dengan acuan standar pengujian ASTM E384, pengujian laju korosi menggunakan alat potensiodinamik dengan menggunakan acuan standar pengujian ASTM G5-13, pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop dengan acuan standar ASTM E407-07 dan pengujian komposisi menggunakan alat SEM EDS standar E562.



**Gambar 3.** Diagram alir penelitian

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### Proses *Nitrocarburizing*

Gas yang digunakan pada proses ini adalah campuran antara  $C_2H_2$  dengan komposisi 10% dan  $N_2$  sebesar 90%. Proses dilakukan pada tekanan konstan 1,6 mbar, tegangan 900 V, arus 480 A, temperatur 350°C, 400°C, dan 450°C, menggunakan waktu perlakuan 2 jam. Pada proses *nitrocarburizing* adalah perlakuan panas atau heat treatment atau proses difusi termokimia. Dimana paduannya adalah nitrogen, karbon, dan sejumlah kecil atom oksigen berdifusi ke permukaan baja atau paduan besi lainnya [1]. Bahan-bahan yang digunakan dalam proses *nitrocarburizing* adalah  $C_2H_2$  dengan komposisi 10% dan  $N_2$  sebesar 90%. Penggunaan gas  $C_2H_2$  merupakan sumber karbon yang efisien dalam proses *nitrocarburizing*. Ketika gas ini terurai pada suhu tinggi, ia menghasilkan atom karbon yang dapat berdifusi ke dalam permukaan baja. Penambahan gas  $C_2H_2$  dapat meningkatkan konsentrasi karbon pada permukaan material, membantu dalam pembentukan lapisan karbonitrida yang keras dan tahan aus. Ini juga dapat meningkatkan kekerasan permukaan material secara signifikan. Sedangkan penggunaan  $N_2$  adalah komponen utama dalam proses *nitrocarburizing* dan berperan sebagai sumber nitrogen untuk pembentukan nitrida pada permukaan baja.  $N_2$  berdifusi ke dalam permukaan baja dan berinteraksi dengan atom besi dan karbon untuk membentuk lapisan nitrida atau karbonitrida. Ini memberikan peningkatan ketahanan aus dan kekerasan permukaan. Nitrogen juga membantu dalam meningkatkan ketahanan korosi.



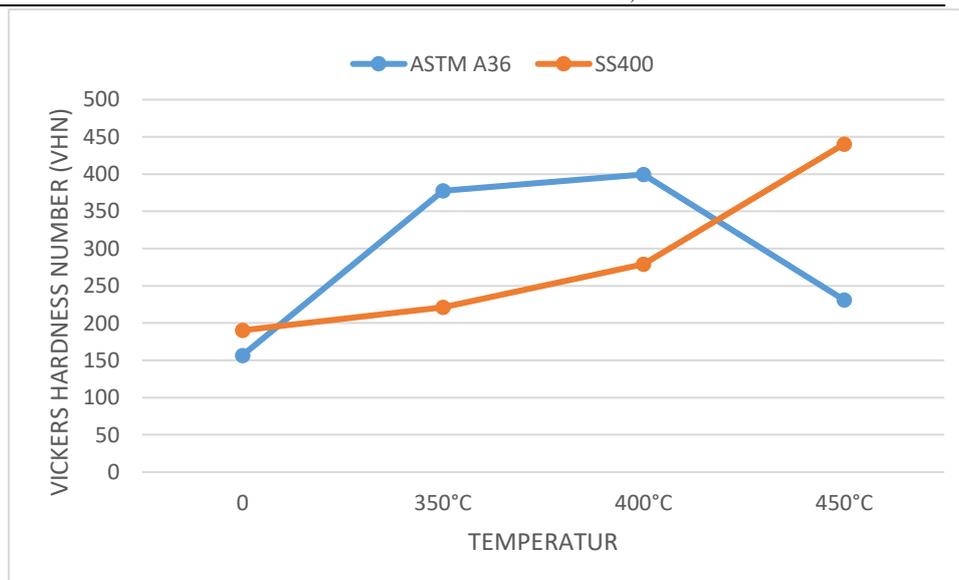
**Gambar 4.** Hasil *nitrocarburizing*

**Uji Kekerasan**

Pada pengujian ini spesimen yang diuji berjumlah delapan spesimen yaitu terdiri dari baja ASTM A36 satu spesimen raw material, tiga spesimen eksperimen *nitrocarburizing* temperatur 350°C, 400°C, dan 450°C. Kemudian SS400 satu spesimen raw material serta tiga spesimen eksperimen *nitrocarburizing* temperatur 350°C, 400°C, dan 450°C. Setiap spesimen akan dikenai tiga titik injakan yang berbeda, sehingga menghasilkan data nilai kekerasan seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil uji kekerasan

No.	Spesimen	Temperatur (°C)	Kekerasan (VHN) Kg/mm <sup>2</sup>	Rata-rata (VHN) Kg/mm <sup>2</sup>
1	ASTM A36	0	148,99	156,65
			175,26	
			145,71	
2	ASTM A36	350	330,03	377,43
			464,16	
			338,11	
3	ASTM A36	400	404,08	399,58
			388,69	
			405,97	
4	ASTM A36	450	181,2	230,83
			258,42	
			217,15	
5	SS400	0	192,25	190,28
			185,95	
			192,65	
6	SS400	350	212,98	221,04
			248,36	
			201,8	
7	SS400	400	260,45	278,85
			286,46	
			289,64	
8	SS400	450	483,86	440,39
			445,64	
			391,68	



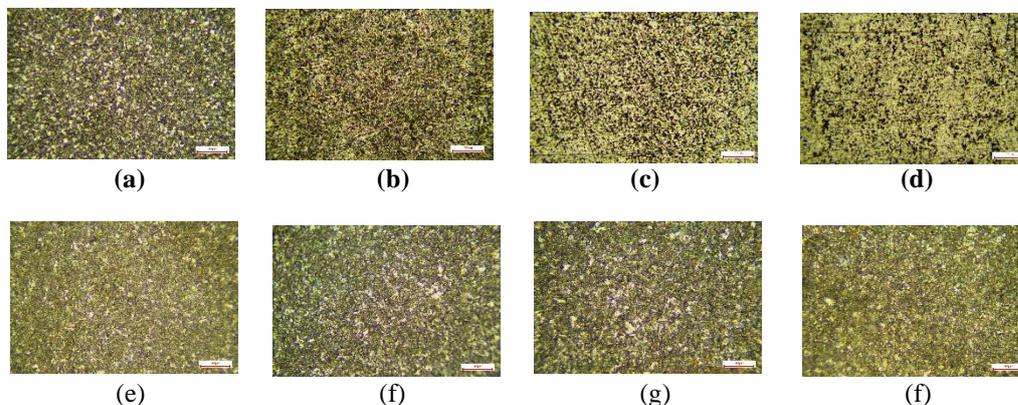
**Gambar 5.** Nilai rata-rata hasil uji kekerasan

Gambar 5 adalah kurva hasil rata-rata uji kekerasan yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekerasan permukaan material. Sampel yang tidak diberi perlakuan adalah temperatur 0 (no1) yang memiliki nilai

kekerasan 156,65 VHN untuk baja ASTM A36 dan 190,28 VHN untuk baja SS400. Setelah proses *nitrocarburizing* dilakukan selama 2 jam pada temperatur 350°C nilai kekerasan meningkat menjadi 377,43 VHN untuk baja ASTM A36 dan 221,04 VHN untuk baja SS400, sedangkan menggunakan temperatur 400°C nilai kekerasan menjadi 399,58 VHN untuk baja ASTM A36 dan 278,85 VHN untuk baja SS400. Adapun nilai kekerasan pada temperatur 450°C baja ASTM A36 mengalami penurunan menjadi 230,83 VHN dan baja SS400 meningkat kembali menjadi 440,39 VHN.

Data hasil penelitian yang dideskripsikan dalam bentuk grafik dan tabel diketahui bahwa adanya perbedaan tingkat kekerasan dari spesimen ASTM A36 maupun SS400 yang mengalami proses *nitrocarburizing* dengan raw materialnya. Pada proses *nitrocarburizing* temperatur 400°C untuk spesimen ASTM A36 mendapatkan hasil nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi, sedangkan untuk spesimen SS400 pada proses *nitrocarburizing* temperatur 450°C menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan proses yang sama yaitu *nitrocarburizing* berpengaruh terhadap nilai kekerasan pada baja ASTM A36 dan SS400. Proses yang terjadi adalah difusi atom-atom C dan N sehingga membentuk *compound layer*, *diffusion layer*, dan *transition layer* yang menjadikan lapisan permukaan material menjadi keras dan resistan terhadap korosi [11]. Pada kondisi temperatur 400–500 °C kekerasan permukaan material lebih optimal jika menggunakan argon [2]. Dengan asumsi suhu dinaikkan, laju percepatan partikel nitrogen akan lebih menonjol, sedangkan dispersi dan respon iota nitrogen (N) terhadap substrat (Fe) tidak bisa mengikuti laju peningkatan kekerasan, sehingga akan terjadi pengumpulan N. molekul pada tingkat superfisial, maka kekerasan permukaan tidak bertambah tetapi berkurang [12].

### Uji struktur mikro



**Gambar 6.** Hasil foto struktur mikro a) raw material SS400 b) temperatur 350C SS400 c) temperatur 400C SS400 d) temperatur 450C SS400 e) raw material ASTM A36 f) temperatur 350C ASTM A36 g) temperatur 400C ASTM A36 h) temperatur 450C ASTM A36 pembesaran 200x.

Hasil foto struktur mikro baja SS400 sebelum dilakukan *nitrocarburizing* tersusun atas struktur perlit dan ferit. Perlit merupakan campuran antara ferit dan sementit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ) dengan lapisan-lapisan halus. Fase ini terjadi dibawah temperatur 723°C. Perlit mempunyai sifat kuat dan keras dari ferit tetapi kurang ulet. Pada waktu pendinginan dari austenit terjadi perubahan atau transformasi austenit. Bila pendinginan ini terjadi sangat cepat, karbon tidak sempat berdifusi sehingga terbentuknya fasa martensit. Pada struktur martensit tersusun atas sel BCT (*Body Centered Tetragonal*) dan berbentuk seperti jarum yang bersifat keras dan getas. Sedangkan hasil foto struktur mikro baja ASTM A36 sebelum dilakukan *nitrocarburizing* tersusun atas struktur ferlit dan sedikit perlit. Ferit tersusun atas sel BCC (*Body Centered Cubic*) dan merupakan larutan padat intersisi dari atom-atom karbon pada besi murni dan terbentuk pada temperatur sekitar suhu 300-723°C. Dengan tersusun atas struktur ferit dan kandungan karbon yang sedikit, menunjukkan bahwa nilai kekerasannya rendah dan bersifat lunak. Lapisan komposit terlihat lebih tebal dan zona difusi juga lebih luas dan lebih terdefinisi. Ferit menjadi lebih keras dan perlit mengalami perubahan dalam struktur lamellar, meningkatkan kekerasan lokal. Namun terjadi penurunan yang lebih bertahap di zona difusi menuju inti baja. Hal ini sesuai dengan nilai rata-rata kekerasan pada Gambar 6 dimana baja ASTM A36 mengalami penurunan nilai kekerasan yang hampir signifikan. Berdasarkan pengamatan struktur mikro dapat diketahui struktur ferit dan perlitnya.

Pemanasan yang dipertahankan pada suhu tinggi untuk membuat butir-butiran dan suatu struktur lapisan *austenit*, selanjutnya didinginkan secara perlahan-lahan untuk membentuk suatu struktur lapisan *perlit*, menginduksi kelunakan dan memperbaiki sifat-sifat pengerjaan dingin ferit adalah kristal besi murni (*ferrum:Fe*) yang terletak rapat saling berdekatan tidak teratur dengan baik bentuk maupun besarnya, merupakan bagian baja yang paling lunak [11]. Perlit merupakan campuran erat antara ferit dan sementit, sedangkan sementit adalah senyawa kimia antara besi dengan karbon ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) yang merupakan unsur paling keras [13]. Dimana semakin tinggi presentase kandungan perlit maka nilai kekerasannya semakin meningkat [1]. Penambahan unsur kimia kedalam media karburasi akan meningkatkan karbon potensial yang mengakibatkan proses difusi berlangsung lebih cepat

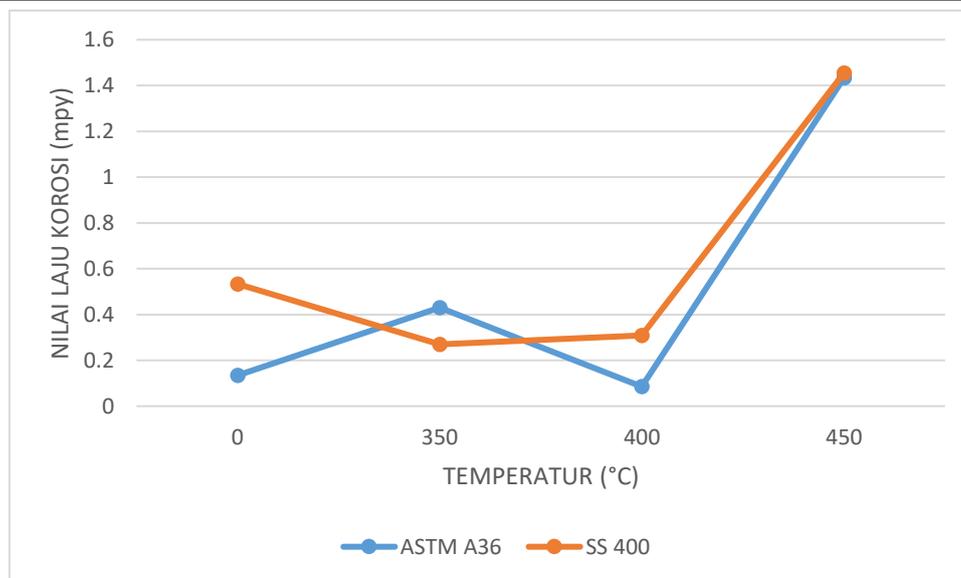
dan proses masuknya atom karbon ke permukaan baja akan semakin dalam, seperti terlihat pada hasil pengamatan struktur mikro [8].

### Uji Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan penurunan atau kecepatan rambatan bahan terhadap waktu. Perhitungan tentang laju korosi, satuan yang digunakan yaitu milimeter per tahun (mpy) atau milimeter per year (mmpy) [14]. Hasil uji laju korosi spesimen baja ASTM A36 dan SS400 tanpa proses *nitrocarburizing* dan dengan proses *nitrocarburizing* variasi temperatur 350°C, 400°C, dan 450°C ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai laju korosi

No.	Spesimen	Temperatur (°C)	Icor ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	Laju korosi (mpy)
1	ASTM A36	0	0,47184	0,13402
2	ASTM A36	350	37,411	0,43071
3	ASTM A36	400	7,4153	0,085371
4	ASTM A36	450	0,000125	1,4336
5	SS400	0	45,015	0,53287
6	SS400	350	22,802	0,26993
7	SS400	400	26,153	0,30959
8	SS400	450	0,000123	1,4548



**Gambar 7.** Hasil uji laju korosi

Berdasarkan Tabel 2 nilai laju korosi spesimen baja ASTM A36 dan baja SS400 dengan variasi temperatur 0°C, 350°C, 400°C, dan 450°C kemudian ditampilkan dalam grafik hubungan variasi temperatur dengan nilai laju korosi sesuai Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa dari nilai laju korosi untuk spesimen baja ASTM A36 dengan temperatur 0°C atau tanpa proses *nitrocarburizing* didapat nilai laju korosi sebesar 0,13402 mpy dan hasil untuk spesimen baja SS400 didapat nilai laju korosi sebesar 0,53287 mpy. Hasil laju korosi dengan proses *nitrocarburizing* temperatur 350°C untuk spesimen baja ASTM A36 didapat nilai laju korosi sebesar 0,43071 mpy dan untuk spesimen baja SS400 didapat nilai laju korosi sebesar 0,26993 mpy. Sedangkan hasil laju korosi dengan proses *nitrocarburizing* temperatur 400°C untuk spesimen baja ASTM A36 didapat nilai laju korosi sebesar 0,085371 mpy dan untuk spesimen baja SS400 didapat nilai laju korosi sebesar 0,30959 mpy. Adapun hasil laju korosi dengan proses *nitrocarburizing* temperatur 450°C untuk spesimen baja ASTM A36 didapat nilai laju korosi sebesar 1,4336 mpy dan untuk spesimen baja SS400 didapat nilai laju korosi sebesar 1,4548 mpy.

Berdasarkan hasil pengujian laju korosi yang dideskripsikan dalam bentuk grafik dan tabel diketahui bahwa adanya perbedaan naik turunnya hasil uji laju korosi dari spesimen ASTM A36 maupun SS400 yang mengalami proses *nitrocarburizing* dengan raw materialnya. Pada proses *nitrocarburizing* temperatur 400°C untuk spesimen ASTM A36 mendapatkan hasil nilai laju korosi yang paling rendah, sedangkan untuk spesimen SS400 pada proses *nitrocarburizing* temperatur 350°C menunjukkan nilai laju korosi yang paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa

dengan proses yang sama yaitu *nitrocarburizing* berpengaruh terhadap nilai laju korosi pada baja ASTM A36 dan SS400. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa laju korosi menurun akibat proses *nitrocarburizing*, namun temperatur pemanasan *nitrocarburizing* tidak begitu mempengaruhi laju korosi. Sehingga, meningkatkan temperatur pemanasan pada proses karburisasi tidak membuat spesimen memperoleh nilai laju korosi yang semakin baik, namun karburisasi dapat menurunkan laju korosi dari material [9]. Pada perlakuan panas yang menghasilkan fasa perlit lebih banyak, maka akan menyebabkan ketahanan korosi yang menurun. Perlit sendiri memiliki susunan cementite ( $Fe_3C$ ) dan ferit. Dimana ketika terhubung elektrolit atau larutan kedua fasa tersebut akan mengalami fenomena korosi micro-galvanik. Sementit akan bertindak sebagai katodanya, dan ferit akan bertindak sebagai anodanya. Karena efek micro-galvanik tersebut fasa perlit akan menyebabkan spesimen uji mengalami fenomena korosi lebih cepat [15].

### Uji Komposisi kimia

Komposisi kimia dari *raw material* dari sertifikat dari pembelian spesimen ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Komposisi kimia raw material ASTM A36

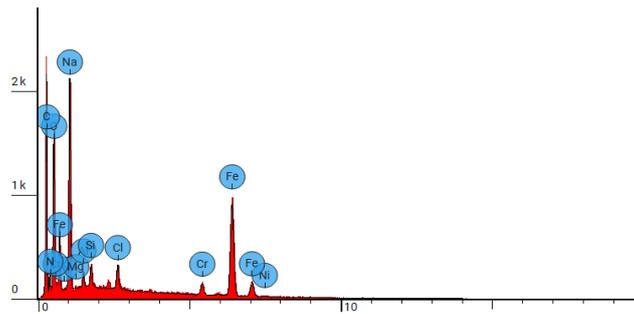
Komposisi kimia (%)														
C	Si	Mn	P	S	No	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Al	Ti	N	Cl
0,14	0,223	0,68	0,006	0,011	0,004	0,05	0,02	0,02	0,002	0,001	0,040	0,001	0,003	0,26

Berdasarkan Tabel 3, komposisi kimia pada material baja ASTM A36 didapatkan komposisi kimia dengan unsur karbon (C) sebesar 0,14% yang merupakan elemen utama dalam baja karbon. Karbon meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja melalui pembentukan martensit. Namun, kandungan karbon yang lebih tinggi dapat menurunkan kemampuan baja untuk dibentuk dan dilas. Kandungan karbon 0,14% pada ASTM A36 menunjukkan keseimbangan antara kekuatan dan kemampuan pembentukan. Silikon (Si) sebesar 0,223% sebagai *deoxidizer* dalam proses pembuatan baja. Silikon juga meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja serta meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Mangan (Mn) sebesar 0,68% untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja melalui pembentukan karbida. Ini juga meningkatkan ketangguhan dan kekuatan tarik baja serta membantu dalam deoksidasi dan desulfurisasi selama proses peleburan. Fosfor (P) sebesar 0,006% meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja, tetapi terlalu banyak fosfor dapat membuat baja menjadi rapuh. Kandungan fosfor yang rendah seperti ini membantu menjaga baja tetap ulet. Belerang (S) sebesar 0,0110% dapat meningkatkan kemampuan mesin (*machinability*) baja, tetapi terlalu banyak belerang dapat menyebabkan baja menjadi rapuh. Kandungan belerang yang rendah membantu menjaga ketangguhan baja. Tembaga (Cu) sebesar 0,05% meningkatkan ketahanan korosi baja. Kandungan tembaga yang rendah dapat memberikan sedikit peningkatan pada ketahanan korosi tanpa mempengaruhi sifat mekanik baja secara signifikan. Kromium (Cr) sebesar 0,02% meningkatkan kekerasan, kekuatan, dan ketahanan terhadap korosi. Kandungan kromium yang sangat rendah seperti ini memiliki dampak minimal. Selain unsur tersebut material baja ini juga mengandung Nobelium (No) sebesar 0,004%, Nikel (Ni) sebesar 0,02%, Molibdenum (Mo) sebesar 0,002%, Vanadium (V) sebesar 0,001%, Aluminium (Al) sebesar 0,040%, Titanium (Ti) sebesar 0,001%, Nitrogen (N) - 0,0030%, Klorin (Cl) - 0,26% dan sisanya merupakan unsur Besi (Fe).

**Tabel 4.** Komposisi kimia raw material SS400

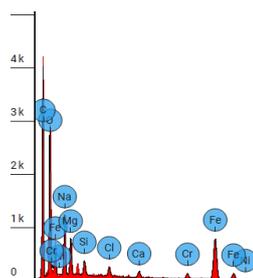
Komposisi kimia (%)				
C	Si	Mn	P	S
0,125	0,220	0,036	0,050	0,022

Sementara itu berdasarkan Tabel 4 komposisi kimia pada material baja SS400 didapatkan komposisi kimia dengan unsur Karbon (C) sebesar 0,125% meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja melalui pembentukan martensit. Kandungan karbon yang relatif rendah membantu menjaga kemampuan pembentukan dan pengelasan baja. Silikon (Si) sebesar 0,220% digunakan sebagai *deoxidizer* dalam proses pembuatan baja. Silikon juga meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja serta meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Mangan (Mn) sebesar 0,036% meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja serta meningkatkan ketangguhan dan kekuatan tarik. Mangan juga membantu dalam deoksidasi dan desulfurisasi selama proses peleburan. Belerang (S) sebesar 0,022% dapat meningkatkan kemampuan mesin (*machinability*) baja, tetapi terlalu banyak sulfur dapat menyebabkan baja menjadi rapuh. Kandungan sulfur yang rendah membantu menjaga ketangguhan baja. Fosfor (P) sebesar 0,050% meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja, tetapi terlalu banyak fosfor dapat membuat baja menjadi rapuh. Kandungan fosfor yang rendah membantu menjaga baja tetap ulet. Komposisi sisanya yaitu unsur Besi (Fe) secara keseluruhan, besi adalah elemen kunci dalam baja SS400 yang menyediakan kerangka dasar untuk kekuatan dan kemampuan bentuk baja. Kombinasi besi dengan elemen paduan lainnya menghasilkan baja dengan sifat mekanik yang diinginkan untuk berbagai aplikasi struktural.



**Gambar 8.** Hasil uji komposisi kimia ASTM A36 dengan EDS

Berdasarkan Gambar 8 bisa disimpulkan bahwa terdapat perubahan komposisi kimia pada material baja ASTM A36 setelah proses *nitrocarburizing* dengan temperatur 400°C. Dari hasil pengujian komposisi kimia menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) pada ASTM A36 yang mengalami proses *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C dapat diketahui persentasi Karbon (C) yang terdifusi sebesar 28,372% dan Nitrogen (N) yang terdifusi sebesar 8,591%. Sedangkan untuk unsur lainnya juga mengalami perubahan presentasi komposisi yaitu penambahan Oksigen (O) sebesar 13,786%, terdapat unsur korosif yaitu Sodium (Na) sebesar 14,585% hal ini terjadi karena hasil dari pengujian laju korosi, Magnesium (Mn) sebesar 0,000%, Aluminium (Al) sebesar 0,899%, Silikon (Si) sebesar 0,799%, Klorin sebesar 1,798%, Kromium (Cr) sebesar 2,198%, dan Nikel (Ni) sebesar 0,100%. Proses *nitrocarburizing* mengakibatkan perubahan komposisi kimia pada permukaan material, di mana nitrogen dan karbon berdifusi ke dalam baja. Penambahan karbon meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja. Nitrogen berdifusi ke dalam permukaan baja, membentuk lapisan nitrida yang sangat keras. Lapisan nitrida juga membantu mengurangi deformasi pada permukaan baja saat mengalami beban mekanis [3].



**Gambar 9.** Hasil uji komposisi kimia SS400 dengan EDS

Berdasarkan Gambar 9 bisa disimpulkan bahwa terdapat perubahan komposisi kimia pada material baja ASTM A36 setelah proses *nitrocarburizing* dengan temperatur 400°C. Dari hasil pengujian komposisi kimia menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) pada SS400 yang mengalami proses *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C dapat diketahui persentasi Karbon (C) yang terdifusi sebesar 39,061% dan Nitrogen (N) yang terdifusi sebesar 7,309%. Sedangkan untuk unsur lainnya juga mengalami perubahan presentasi komposisi yaitu penambahan Oksigen (O) sebesar 21,678%, terdapat unsur korosif yaitu Sodium (Na) sebesar 6,993% hal ini terjadi karena hasil dari pengujian laju korosi, Magnesium (Mg) sebesar 2,897%, Silikon (Si) sebesar 0,999%, Klorin (Cl) sebesar 1,199%, Kalsium (Ca) sebesar 1,199%, Kromium (Cr) sebesar 1,789% dan Nikel (Ni) sebesar 0,400%.

## 5. Kesimpulan

Terdapat pengaruh proses *nitrocarburizing* terhadap kekerasan dan laju korosi pada material baja karbon rendah SS400 dan ASTM A36. Pengujian dari baja karbon rendah SS400 menghasilkan nilai kekerasan dan laju korosi mengalami perubahan pada setiap variasi yaitu temperatur 350°C sebesar 221,04 VHN dan 0,26993 mpy, temperatur 400°C sebesar 278,85 VHN dan 0,30959 mpy, serta temperatur 450°C sebesar 440,39 VHN dan 1,4548 mpy. Sedangkan pengujian dari baja karbon rendah ASTM A36 juga menghasilkan nilai kekerasan dan laju korosi mengalami perubahan pada setiap variasi yaitu temperatur 350°C sebesar 377,43 VHN dan 0,43071 mpy, temperatur 400°C sebesar 399,58 VHN dan 0,085371 mpy, serta temperatur 450°C sebesar 230,83 VHN dan 1,4336 mpy. Proses yang terjadi adalah difusi atom-atom C dan N sehingga membentuk *compound layer*, *diffusion layer*, dan *transition layer* yang menjadikan lapisan permukaan material menjadi keras dan resistan terhadap korosi. Pada kondisi temperatur 400–500 °C kekerasan permukaan material lebih optimal jika menggunakan argon. Tetapi meningkatkan temperatur pemanasan pada proses karburisasi tidak membuat spesimen memperoleh nilai laju korosi yang semakin baik, namun karburisasi dapat menurunkan laju korosi dari material. Perbandingan nilai kekerasan, laju korosi, dan struktur mikro sebelum dan setelah perlakuan *nitrocarburizing* antara SS400 dengan

ASTM A36 dapat disimpulkan bahwa material SS400 lebih optimal untuk perlakuan proses *nitrocarburizing* dibandingkan dengan material ASTM A36.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. Rahmadhani, "Analisa Uji *Nitrocarburizing* Pada Temperatur 750°C, 850°C, 950°C Terhadap Pengaruh Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Aisi 1020 Dengan Media Pendingin Menggunakan Metode Taguchi," 2022.
- [2] E. Iryanto and Sriyanto, "Pengaruh *Nitrocarburizing* Terhadap Kekerasan Dan Laju Korosi Pada Baja Tahan Karat Aisi 410," *JURNAL TEKNIKA*, vol. 8, no. 1, pp. 17–24, 2023.
- [3] F. Al Afghani, E. Hermawan, and S. Shaleha, "Efek *Nitrocarburizing* Pada Material Low Carbon Steel Terhadap Ketahanan Korosi Dan Kekerasan," *Urania : Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, vol. 28, no. 1, p. 11, Feb. 2022, doi: 10.17146/urania.2022.28.1.6596.
- [4] S. Nengsih, "Perbandingan Kedalaman Pengikisan Logam Dalam Larutan Feri Klorida," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, p. 75, Feb. 2021, doi: 10.22373/crc.v5i1.8472.
- [5] G. Priyotomo, "Deteksi Proses Korosi Pada Baja Dengan Menggunakan Lapisan Akrilik Termodifikasi Phenolphthalein," *Jurnal Teknik Mesin Cakram*, vol. 3, no. 2, p. 55, Oct. 2020, doi: 10.32493/jtc.v3i2.7518.
- [6] P. Pedferri, "*Engineering Materials Corrosion Science and Engineering Edited by Luciano Lazzari and MariaPia Pedferri*," Milan, Jun. 2018. [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/4288>
- [7] W. Handoko, F. Pahlevani, and V. Sahajwalla, "Enhancing corrosion resistance and hardness properties of carbon steel through modification of microstructure," *Materials*, vol. 11, no. 12, Nov. 2018, doi: 10.3390/ma11122404.
- [8] M. Iqbal, "Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah," 2020.
- [9] A. Wahyu *et al.*, "SPECTA Journal of Technology Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pack Carburizing Terhadap Laju Korosi Material Baja Karbon ASTM A36," *SPECTA Journal of Technology*, vol. 5, 2021, [Online]. Available: <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>
- [10] A. F. Abidah and N. S. Drastiawati, "Analisis SS400 Hasil Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-BaCO3 dengan Variasi Temperatur Pemanasan dan Holding Time Ditinjau dari Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro," Surabaya, 2019.
- [11] M. A. J. Somers, "Nitriding and *nitrocarburizing*: Status and future challenges," 2013. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/287263972>
- [12] V. Puspasari, M. A. Prasetyo, J. V. T. Hala, M. S. Anwar, S. Herbirowo, and E. Maburri, "Pengaruh Annealing Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat AISI 410-3MO-3Ni," *Metalurgi*, pp. 75–82, Oct. 2020.
- [13] T. J. Saktisahdan, U. Asahan, J. J. A. Yani, T. / Fax, and P. T. Mesin, "Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Perubahan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah," 2019.
- [14] U. Nurini, G. Suka, and R. Marjunus, "Pengendalian Laju Korosi Baja Aisi 1018 Dalam Medium Korosif NaCl 3% Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L.*)," 2022. [Online]. Available: <https://jemit.fmipa.unila.ac.id/>
- [15] M. A. Sholikhin, A. Suprihanto, and Y. Umardani, "Analisis Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja Karbon Menengah Aisi 1045 Pada Air Laut," 2021.