

Analisis Pengaruh Variasi Temperatur *Surface Hardening* Dengan Metode Kombinasi *Carburizing* dan *Nitriding* Terhadap Kekerasan dan Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah SS400

Ferdi Ardiansyah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ferdi.20088@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini menggunakan metode *Surface Hardening* kombinasi *Carburizing* dan *Nitriding* dengan material yang dipakai adalah baja karbon rendah SS400. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur *Carburizing* 850⁰C, 900⁰C dan 950⁰C dan proses *nitriding* dengan temperatur 500⁰C. Hasil dari *surface hardening* tersebut akan dikarakterisasi menggunakan alat uji *mikro vickers* untuk mengetahui kekerasan dan SEM – EDX (*Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) untuk mengetahui karakteristik perubahan komposisi kimianya. Diperoleh variasi temperatur *carburizing* dan *nitriding* pada proses *surface hardening* memiliki pengaruh terhadap tingkat kekerasan dan komposisi kimia yang dihasilkan. Dari uji *micro vickers* spesimen dengan temperatur *carburizing* 950⁰C memiliki tingkat kekerasan paling tinggi dengan hasil 515 HV, hasil uji SEM – EDX menunjukkan komposisi kimia kadar C meningkat seiring dengan peningkatan temperatur pada proses *carburizing*, kadar C paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan *surface hardening* kombinasi *carburizing* 950⁰C dan *nitriding* 500⁰C dengan kadar C sebesar 15,76 %.

Kata Kunci: *Surface Hardening*, Kombinasi *Carburizing* dan *Nitriding*, Baja Karbon Rendah SS400.

Abstract

In the current research, the surface hardening method is used, a combination of carburizing and nitriding, with the material used being SS 400 low carbon steel. In this research, various carburizing temperatures of 850⁰C, 900⁰C and 950⁰C are used and the nitriding process is at a temperature of 500⁰C. The results of surface hardening will be characterized using a Vickers micro test tool to determine hardness and SEM - EDX (Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) to determine the characteristics of changes in chemical composition. It was found that variations in carburizing and nitriding temperatures in the surface hardening process had an influence on the level of hardness and chemical composition produced. From the micro Vickers test, the sample with a carburizing temperature of 950⁰C had the highest level of hardness with a result of 506 HV, the SEM – EDX test results showed that the chemical composition of the C content increased along with increasing temperature in the carburizing process, the highest C content was shown in the surface hardening treatment with carburizing 950⁰C and nitriding 500⁰C with a C content of 15.76%.

Keywords: *surface hardening, Combination method of Carburizing and Nitriding, Low Carbon Steel SS400*

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Baja karbon rendah begitu luas untuk aplikasinya seperti yang ada pada industri. Pada lingkungan dunia otomotif material yang digunakan dalam poros, roda gigi kebanyakan adalah baja karbon rendah. Untuk material yang digunakan dalam roda gigi, memerlukan material yang memiliki sifat tahan aus dan keras. Kerusakan yang sering di alami oleh *sprocket gear* adalah sering mengalami keausan, jenis keausan yang sering terjadi pada *sprocket gear* adalah keausan *andhesi* dan *abrasi*. Pada pengoperasiannya *sprocket gear* selalu bergesekan dengan rantai, khususnya untuk *sprocket gear* depan memiliki

beban kerja yang lebih besar dari *sprocket gear* belakang (Yose, 2022).

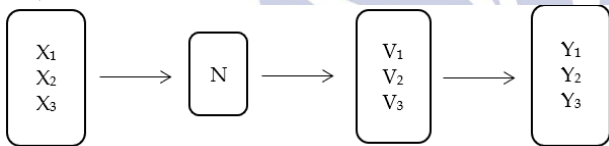
Dalam memperbaiki sifat yang ada dalam material baja karbon banyak sekali, salah satunya adalah dengan cara *surface hardening*. Hal tersebut biasanya dilakukan karena sifat dari baja karbon rendah tidak dapat untuk dikeraskan secara langsung karena mengandung unsur karbon yang sedikit. Material ini harus ditambahkan kadar karbon terlebih dahulu untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Dan *surface hardening* merupakan perlakuan yang menggunakan *Heat Treatment* dengan bertujuan menambah kekerasan pada permukaan material, namun tetap memiliki sifat ulet pada inti material bagian dalam.

Perbaikan sifat material baja karbon rendah tersebut digunakan untuk memperbaiki kekerasan, dan komposisi material. Kekerasan pada material akan diperkuat pada bagian permukaannya saja, sehingga bagian inti dari material tetap memiliki sifat yang ulet. Kekerasan permukaan material ini dapat dilihat pada pengujian kekerasan menggunakan alat *mikro vickers*, dimana nanti akan dapat dilihat seberapa perubahan kekerasan setelah diberi perlakuan *surface hardening*. Hasil dari pengujian *mikro vickers* ini nantinya akan berupa angka dengan satuan kekerasan *Hardness Vickers* (HV). Sementara untuk kedalaman kekerasan dan komposisi material yang terdapat pada material setelah diberi perlakuan dapat dilihat menggunakan mikroskop SEM-EDX (*Scanning Electrone Microscope- Energy Dispersive X- ray Spectroscopy*) untuk mengetahui komposisi apa yang terbentuk pada material sesudah diberi perlakuan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah dengan penelitian *experimental research*. Pada penelitian ini melakukan dengan variabel temperatur untuk mengetahui perbedaan kekerasan yang dihasilkan dan komposisi kimianya. Rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Keterangan :

- X₁ = Carburizing dengan temperature 850⁰C
- X₂ = Carburizing dengan temperature 900⁰C
- X₃ = Carburizing dengan temperature 950⁰C
- N = Nitriding dengan temperatur 500⁰C
- V₁ = Pengujiann Kekerasan material setelah perlakuan pada temperatur *Carburizing* 850⁰C dan *Nitriding* 500⁰C
- V₂ = Pengujiann Kekerasan material setelah perlakuan pada temperatur *Carburizing* 900⁰C dan *Nitriding* 500⁰C
- V₃ = Pengujiann Kekerasan material setelah perlakuan pada temperatur *Carburizing* 950⁰C dan *Nitriding* 500⁰C
- Y₁ = Pengujiann Komposisi Kimia setelah perlakuan pada temperatur *Carburizing* 850⁰C dan *Nitriding* 500⁰C
- Y₂ = Pengujiann Komposisi Kimia setelah perlakuan pada temperatur *Carburizing* 900⁰C dan *Nitriding* 500⁰C
- Y₃ = Pengujiann Komposisi Kimia setelah perlakuan pada temperatur *Carburizing* 950⁰C dan *Nitriding* 500⁰C

Variabel Penelitian

1. Variabel Kontrol

Pada enelitian ini variabel kontrolnya adalah *holding time carburizing* 180 menit, dengan *Fluidised Bed furnace*. Temperatur *nitriding* 500⁰C ,gas N₂.

2. Variabel Bebas

Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah proses *carburizing* pada temperatur 850⁰C, 900⁰C, dan 950⁰C dan *nitriding* 500⁰C.

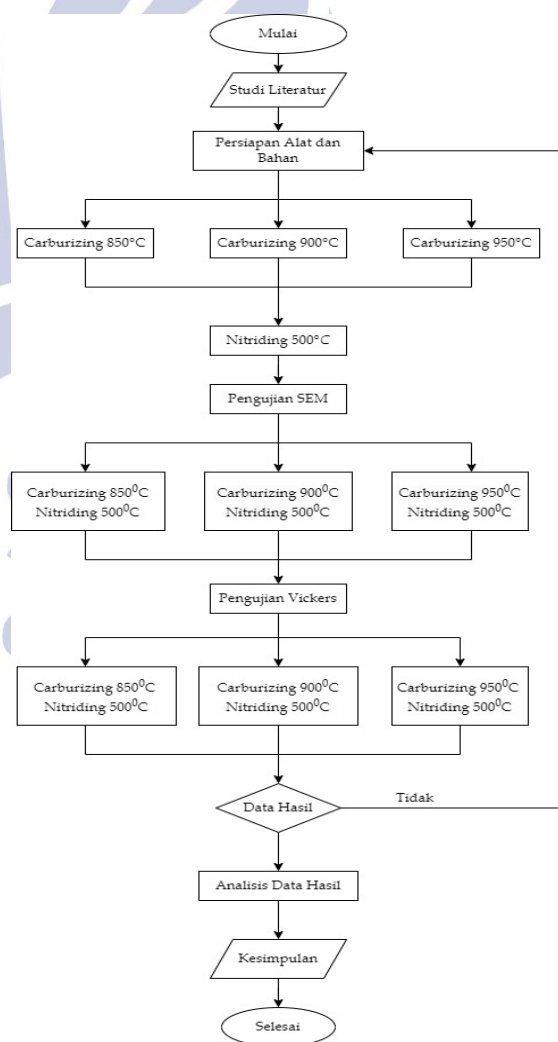
3. Variabel Terikat

Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah kekerasan, dan komposisi kimia baja SS 400

Bahan dan Alat

1. Bahan yang akan dipakai pada penelitian adalah : Baja SS400, Gas N₂ UHP, Gas NH₃, *Water Coolant* dan Gas LPG
2. Alat yang digunakan untuk penelitian: *Fluidised Bed Furnace* guna untuk perlakuan gas *Carburizing* dan gas *nitriding*, mesin bubut dan jangka sorong guna untuk pembentukan spesimen, penjepit crucible, kamera dokumentasi dan perlatan K3 guna untuk ketika proses *surface hardening*.
3. Instrumen pada penelitian ini : *Micro Vickers* untuk mengukur kekerasan pada spesimen sebelum dan setelah perlakuan dalam satuan HV dan *SEM – EDX* untuk mengetahui komposisi kimia pada spesimen.

Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan melalui lima tahap, yaitu pembentukan spesimen, tahap *carburizing*, tahap *quenching*, tahap *nitriding* dan tahap pengujian. Pembentukan spesimen menggunakan mesin bubut, sedangkan tahap *carburizing* dan *nitriding* menggunakan alat *fluidized bed furnace*, *quenching* menggunakan *liquid water coolant*, dan pengujian menggunakan *Micro Vickers* dan *SEM – EDX*.

1. Pembentukan Spesimen

Pada pembentukan spesimen yang dilakukan adalah memotong material baja SS400 yang berbentuk poros dengan lebar atau diameter 15 mm menjadi 4 bagian dengan masing masing ketebalan spesimen yang akan diberi perlakuan adalah 5 mm.

2. Tahap *Carburizing*

Material yang telah dipotong sesuai dengan ukuran dibagi menjadi 4, 1 sebagai variabel kontrol, dan 3 lainnya diberi perlakuan dengan cara di masukkan ke dalam tungku. Tungku diatur pada temperatur 850°C, 900°C, dan 950°C bergantian dengan rentan waktu 180 menit. Lalu masukkan material (A, B dan C) pada tungku dengan berurutan. Setelah waktu menunjukkan 180 menit, angkat spesimen dari tungku menggunakan penjepit crucible.

Pada tahap *carburizing* ini menggunakan Gas NH₃ (*Amonia*) dan gas LPG. Pada suhu tinggi amonia akan di pecah menjadi nitrogen dan hidrogen sehingga hidrogen dari gas amonia akan bereaksi pada material, mengeluarkan atom karbon dari permukaan logam untuk membentuk lapisan karburasi. Pada gas LPG mengandung hidrokarbon yang akan terurai pada suhu tinggi dan melepaskan karbon yang bereaksi pada material untuk membentuk lapisan karburisasi. Pada dasarnya kedua gas tersebut berperan penting dalam menyediakan sumber karbon yang di perlukan pada saat proses *carburizing* dan akan meningkatkan kekerasan permukaan pada material dan memperbaiki sifat mekaniknya.

3. Tahap *Quenching*

Spesimen yang telah diberi perlakuan *carburizing* sebanyak tiga spesimen tersebut diberikan *quenching*. Media yang digunakan untuk proses *quenching* adalah *liquid water coolant* berjenis *Top 1 power coolant* dengan spesifikasi kandungan *ethylene glycol* sebesar 20% dan zat organik *carboxylate rust inhibitors*.

4. Tahap *Nitriding*

Kemudian pada masing – masing spesimen di beri perlakuan *nitriding* yang akan di lakukan di dalam dapur *fluidised bed furnace* dengan kurun waktu 9 jam dengan temperatur 500°C. Gas N₂ UHP akan digunakan untuk perlakuan *nitriding*. Gas N₂ UHP (*Ultra High Purity Nitrogen*) digunakan dalam proses *nitriding* untuk menyediakan lingkungan yang tepat bagi pengerasan permukaan logam, terutama baja. Proses *nitriding* adalah proses perlakuan panas yang memperkaya permukaan logam dengan nitrogen untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan, dan ketahanan terhadap keausan.

Nitrogen UHP memiliki kemurnian yang sangat tinggi, dengan tingkat kontaminasi yang sangat rendah, sehingga memastikan bahwa proses *nitriding* dapat berlangsung dengan konsistensi dan hasil yang diinginkan. Dalam aplikasi *nitriding*, nitrogen UHP diarahkan ke permukaan logam yang dipanaskan dalam suhu yang sudah di tentukan Tahap Pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian pada material yang sudah diberikan perlakuan kombinasi *carburizing* dan *nitriding* dan akan dijelaskan didalam Langkah pengumpulan data dan pengujian hasil eksperimen, dengan parameter yang akan di ujikan yaitu :

a. Uji *Micro Vickers*

Uji *Micro Vickers* digunakan untuk mengidentifikasi kekerasan pada permukaan spesimen sebelum dan sesudah diberikan perlakuan *surface hardening* guna untuk mengetahui perbedaan peningkatan kekerasan.

b. Uji *Energy-Dispersive X-Ray spectroscopy (EDX)*

Pada penelitian ini akan dibandingkan dan dianalisa untuk komposisi kimia dari material setelah di beri perlakuan *surface hardening* dengan menggunakan alat uji EDX dengan berfokus pada kadar C (Karbon) dan Nitrogen (N).

Analisis Data

Analisis data adalah sebuah proses pengolahan data untuk menemukan informasi yang berguna dan membantu dalam pengambilan Keputusan atau kesimpulan. Untuk mendeskripsikan hasil penelitian, teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode statistik deskriptif. Menurut (Sugiyono, 2007) statistik yang berfungsi untuk mendiskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel atau populasi. Teknik analisis data ini dilakukan dengan cara menelaah data yang di peroleh dari eksperimen yang sudah di lakukan, Dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan di sajikan dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

Teknik Analisa data merupakan suatu langkah yang paling menentukan dari suatu penelitian, karena Analisa data berfungsi untuk menyimpulkan hasil penelitian

Berikut merupakan tahap tahap Analisa data yang akan di lakukan pada penelitian ini :

1. Perencanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Peneliti merancang material baja SS400 untuk dijadikan sample.
- Peneliti membuat konsep penelitian yang digunakan untuk penelitian ini

2. Pelaksanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Peneliti melaksanakan pembuatan pada sampel penelitian

b. Peneliti menguji karakteristik dan menganalisis sample

3. Evaluasi

Pada tahap ini peneliti menganalisis dan mengolah data yang telah dikumpulkan dengan metode yang telah di tentukan.

4. Penyusunan Laporan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah Menyusun laporan dan melaporkan hasil dari penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Spesimen baja karbon rendah SS 400 yang telah di potong menjadi tiga bagian kemudian dilakukan proses *carburizing* dengan temperatur 850°C, 900°C, 950°C dan *nitriding* 500°C secara berturut – turut. Karena pada saat proses *surface hardening* menggunakan metode gas *carburizing* dan *gas nitriding* maka hasil dari perlakuan tersebut menyebabkan permukaan material tetap bersih

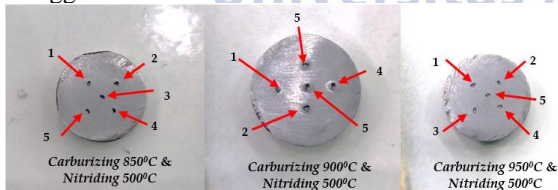


Gambar 3. Spesimen Baja SS400 yang akan diberi perlakuan

1. Pengujian Kekerasan Baja SS400

Hasil yang ditampilkan pada pengujian ini berupa tabel. Pengujian yang dilakukan memakai *micro vickers*. Material yang akan diuji adalah baja karbon rendah SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening*. Pengujian kekerasan ini dilakukan pada permukaan material sebanyak 5 kali dengan beban 500gr dan waktu penekanannya adalah 10s.

Berikut merupakan gambar dari urutan titik – titik penekanan pada saat proses uji kekerasan menggunakan alat *micro Vickers* :



Gambar 4. Urutan Titik Pengujian

Tabel 1. Nilai Kekerasan Baja SS400 Sebelum dan Sesudah *Surface Hardening*

Jenis Pengujian	Jumlah titik pengujian	Raw Material	Carburizing 850°C Nitriding 500°C	Carburizing 900°C Nitriding 500°C	Carburizing 950°C Nitriding 500°C
Kekerasan (HV)	1	309,2	425,2	580,7	495,6
	2	289,9	432,1	520,6	495,6
	3	304,7	443,7	499,8	521,6
	4	306,6	427,2	472,2	530,2
	5	308,9	435,7	480,3	532
Rata - Rata		303,86	432,78	510,72	515

Pada tabel diatas, dapat dianalisa nilai kekerasan material berdasarkan variasi temperature perlakuan. Tabel diatas merupakan nilai kekerasan materia; setelah diuji menggunakan alat uji *micro vickers* dengan satuan *Hardness Vickers (HV)*. Berdasarkan tabel diatas kekerasan permukaan pada material yang di uji tingkat kekerasannya berbeda – beda, hal tersebut merupakan hal umum yang sering terjadi pada material sebelum dan setelah di berikan perlakuan. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan nilai kekerasan pada setiap spesimen yang di uji. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya ketidak seragaman nilai kekerasan :

1. Ketidak homogenan material dasar yang memiliki komposisi kimia yang tidak seragam sehingga respon terhadap perlakuan panas juga akan berbeda
2. Adanya kontaminasi pada permukaan material juga dapat mempengaruhi pembentukan lapisan kekerasan dan kekerasan akhir
3. Variasi temperatur selama proses *surface hardening* dapat mempengaruhi konsentrasi karbon atau nitrogen.
4. Ukuran butir yang berbeda pada lapisan kekerasan dapat mempengaruhi kekerasan. Lapisan dengan butir yang lebih halus umumnya memberikan kekerasan yang lebih tinggi.

Hal diatas merupakan penyebab terjadinya perbedaan Tingkat kekerasan pada setiap spesimen, dari *raw material* hingga perlakuan *surface hardening* dengan temperatur *carburizing* 950°C dan *nitriding* 500°C.

2. Hasil Pengujian Komposisi Baja SS400

Data yang dihasilkan dari pengujian menggunakan alat *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)*. ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel Material yang diuji merupakan baja karbon rendah SS 400 setelah diberi perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* dan *nitriding*. Hasil dari pengujian menggunakan alat uji *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy EDX* ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi kimia apa saja yang bertambah pada material

Tabel 2. Komposisi Kimia Baja SS 400 Sebelum *Surface Hardening*

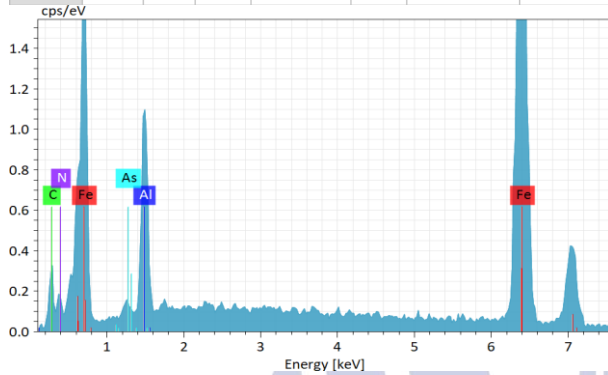
Product	Shapes ^A	Plates ^B				
		To ¼ [20], incl	Over ¼ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All					
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Berikut disajikan pengujian hasil komposisi material yang telah dilakukan pada baja karbon rendah

SS400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* metode kombinasi *carburizing* dan *nitriding*.

Tabel 3. Komposisi Kimia Baja SS400 setelah *Carburizing* 850°C dan *Nitriding* 500°C

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Fe	26	15940	82.98	79.45	52.13	2.57	3.1
C	6	677	9.41	9.01	27.50	2.41	25.6
Al	13	2950	7.28	6.97	9.46	0.41	5.6
N	7	361	4.26	4.08	10.68	1.35	31.6
As	33	112	0.50	0.48	0.24	0.09	17.8
		Sum	104.44	100.00	100.00		



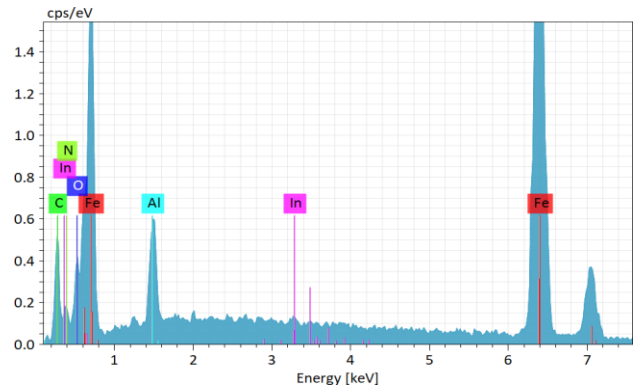
Gambar 5. Grafik Komposisi Baja SS 400 Setelah Proses *Carburizing* 850°C dan *Nitriding* 500°C

Pada Tabel 3 dan Grafik 5 diatas menampilkan hasil komposisi baja SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* temperatur 850°C dan *nitriding* pada temperatur 500°C. hasil dari pengujian menggunakan EDX diatas menunjukkan bahwa terjadi adanya perubahan komposisi beberapa unsur yang terkandung dalam material akibat adanya perlakuan *surface hardening* metode kombinasi *carburizing* dan *nitriding*.

Peningkatan dan perubahan komposisi kimia pada baja karbon rendah SS 400 setelah perlakuan ini diakibatkan oleh proses *carburizing* dengan temperatur 850°C menggunakan gas N₂ dan gas metana atau LPG serta penggunaan gas NH₃ pada saat *nitriding* dengan temperatur 500°C. Sehingga dapat meningkatkan unsur C (Karbon) menjadi 9.41%, dan pada kadar nitrogen pada material meningkat sebesar 4.26%, nitrogen juga berdifusi ke permukaan logam dan membentuk senyawa lain seperti Fe (Besi), Al (Aluminium), dan As (Arsenik).

Tabel 4. Komposisi Kimia Baja SS400 setelah *Carburizing* 900°C dan *Nitriding* 500°C

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Fe	26	15462	81.56	76.16	44.44	2.53	3.10
C	6	1162	14.53	13.57	36.80	3.18	21.91
O	8	785	3.92	3.66	7.45	0.98	24.92
N	7	287	3.57	3.33	7.75	1.22	34.30
Al	13	1543	3.04	2.84	3.43	0.20	6.68
In	49	187	0.47	0.44	0.13	0.07	13.89
		Sum	107.09	100.00	100.00		



Gambar 6. Grafik Komposisi Baja SS 400 Setelah Proses *Carburizing* 900°C dan *Nitriding* 500°C

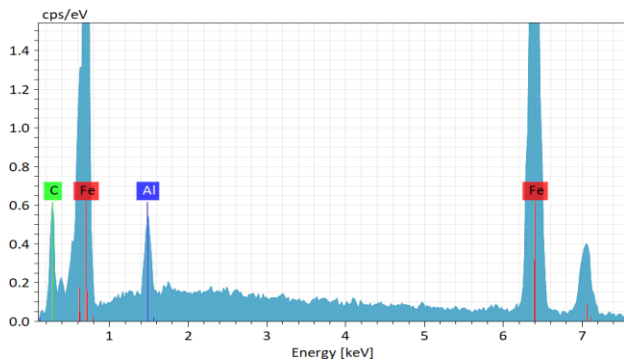
Pada Tabel dan Grafik diatas menampilkan komposisi material baja SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* temperatur 900°C dan *nitriding* dengan temperatur 500°C. hasil dari pengujian menggunakan EDX diatas menunjukkan bahwa terjadi adanya perubahan komposisi beberapa unsur yang terkandung dalam material akibat adanya perlakuan *surface hardening* metode kombinasi *carburizing* dan *nitriding*.

Peningkatan dan perubahan komposisi kimia pada baja karbon rendah SS 400 setelah perlakuan ini diakibatkan oleh proses *carburizing* dengan temperatur 900°C menggunakan gas N₂ dan gas metana atau LPG serta penggunaan gas NH₃ pada saat *nitriding* dengan temperatur 500°C. Sehingga dapat meningkatkan unsur C (Karbon) menjadi 14.53%, dan pada kadar nitrogen pada material meningkat sebesar 3.57%, nitrogen juga berdifusi ke permukaan logam dan membentuk senyawa lain seperti Fe (Besi), Al (Aluminium).

Pada pengujian material dengan temperatur *carburizing* 950°C dan *nitriding* 500°C ini terdapat unsur O (Oksigen), unsur ini terdeteksi karena adanya oksidasi pada permukaan material akibat paparan oksigen pada atmosfer tungku dan juga adanya paparan udara pada saat setelah perlakuan proses *carburizing* dan *nitriding* dan In (Indium) terdeteksi karena adanya kontaminasi pada sumber lain didalam tungku.

Tabel 4. Komposisi Kimia Baja SS400 setelah *Carburizing* 950°C dan *Nitriding* 500°C

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Fe	26	13958	82.40	82.36	51.63	2.57	3.12
C	6	1103	15.76	15.76	45.93	3.50	22.20
Al	13	982	1.88	1.88	2.44	0.15	7.71
		Sum	100.05	100.00	100.00		



Gambar 7. Grafik Komposisi Baja SS 400 Setelah Proses *Carburizing* 950°C dan *Nitriding* 500°C

Pada Tabel dan Grafik diatas menampilkan hasil komposisi material baja SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* temperatur 950°C dan *nitriding* pada temperatur 500°C. hasil dari pengujian menggunakan EDX diatas menunjukkan bahwa terjadi adanya perubahan komposisi beberapa unsur yang terkandung dalam material akibat adanya perlakuan *surface hardening* metode kombinasi *carburizing* dan *nitriding*.

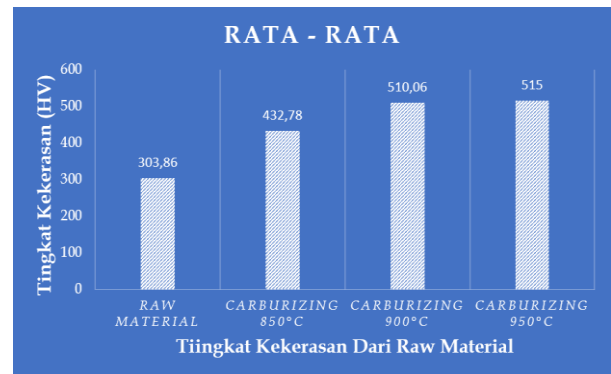
Peningkatan dan perubahan komposisi kimia pada baja karbon rendah SS 400 setelah perlakuan ini diakibatkan oleh proses *carburizing* dengan temperatur 950°C menggunakan gas N₂ dan gas metana atau LPG serta penggunaan gas NH₃ pada saat *nitriding* dengan temperatur 500°C. Sehingga dapat meningkatkan unsur C (Karbon) menjadi 15.76%, dan pada kadar N (nitrogen) pada material tidak terdeteksi nitrogen juga berdifusi ke permukaan logam dan membentuk senyawa lain seperti Fe (Besi), dan Al (Alumunium).

Pada Grafik 4.5 diketahui pada sumbu horisonal atau sumbu X dengan label *Energy [keV]* yang menunjukkan skala energi yang diukur dalam *kiloelectronvolt (keV)*. Energi tersebut berkaitan dengan radiasi yang di pancarkan oleh unsur – unsur dalam spesimen uji baja karbon rendah SS 400. Sedangkan pada sumbu vertikal atau sumbu Y dengan label *cps/ev* atau (*counts per second per electronvolt*) merupakan ukuran intensitas atau kekuatan sinyal yang diterima dari spesimen uji pada setiap tingkat energi tertentu. Semakin tinggi nilai pada sumbu Y, semakin kuat sinyal yang terdeteksi untuk energi tertentu.

Pembahasan

1. Pengujian kekerasan setelah perlakuan.

Pada pengujian kekerasan menggunakan alat uji *micro vickers* ini menggunakan beban penekanan sebesar 500 gram pada setiap titik sebanyak 5 titik pengujian. Dari pengujian ini didapatkan nilai rata – rata kekerasan dalam satuan *Hardness Vickers (HV)* pada setiap variasi temperatur yang akan disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik Rata – Rata kekerasan baja SS400 Sebelum dan Setelah *Surface Hardening*

Pada grafik diatas dapat dianalisa bahwa terdapat perbedaan rata – rata kekerasan pada permukaan material akibat perbedaan temperatur *surface hardening* metode *carburizing*. Pada temperatur 850°C, rata – rata kekerasan baja SS 400 adalah 432,78 HV, pada temperatur 900°C memiliki rata – rata nilai kekerasan permukaan adalah 510,72 HV, pada temperatur 950°C memiliki rata – rata nilai kekerasan pada permukaan setelah *surface hardening* adalah 515 HV.

Kekerasan pada material baja SS 400 sebelum perlakuan *surface hardening* atau *Raw Material* ketika di uji menggunakan *micro vickers* adalah 130 – 300 HV. Setelah material diberikan perlakuan *surface hardening* permukaan material meningkat hingga 432,78 , 510,72 dan 515 HV secara berturut – turut seiring bertambahnya variasi temperatur yang diberikan mulai dari temperatur 850°C, 900°C dan 950°C untuk *carburizing* dan 500°C untuk *nitriding*. Berdasarkan nilai rata – rata kekerasan pada masing – masing temperatur tersebut dapat disimpulkan bahwa, semakin tinggi temperatur *carburizing* yang di berikan pada material maka nilai kekerasan material baja SS 400 juga semakin meningkat.

Peningkatan kekerasan tersebut disebabkan oleh banyaknya kadar karbon yang terdifusi kedalam permukaan material yang terbentuk pada material baja SS 400 setelah mengalami perlakuan *surface hardening* dengan kombinasi *carburizing* dan *nitriding*. Semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses *carburizing* maka akan semakin banyak kadar karbon yang terbentuk dan terdifusi kedalam permukaan material.

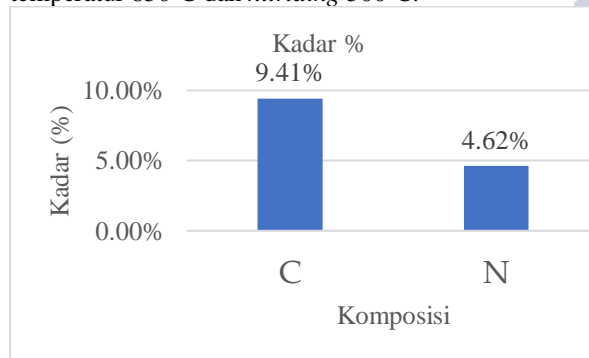
Penelitian yang dilakukan oleh Hardiyanti pada tahun 2015, dengan hasil yang menunjukkan bahwa pengaruh temperatur pemanasan pada proses *carburizing* sangat mempengaruhi tingkat kekerasan dari material. Pada penelitian tersebut nilai kekerasan paling tinggi ada pada variasi temperatur 950°C, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur, semakin tinggi juga nilai kekerasan yang dihasilkan (Hardiyanti, Aziz, & Hidayat, 2015).

2. Pengujian Komposisi Material Setelah Perlakuan

Pada tahap pengujian komposisi material setelah *surface hardening* ini didapatkan beberapa unsur yang meningkat. Komposisi material dari hasil dari

pengujian menggunakan alat uji EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) ini yang akan di bandingkan adalah unsur C dan N. Unsur C pada penelitian ini membuktikan adanya peningkatan kekerasan pada permukaan material akibat penambahan unsur karbon pada material yang diuji, sementara pada peningkatan unsur N yang terkandung pada material setelah perlakuan *surface hardening* membuktikan adanya kedalaman difusi karbon karena pengaruh dari proses *nitriding* yang dilakukan.

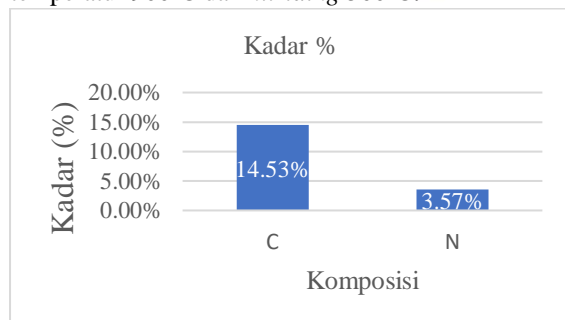
Berikut disajikan pengujian hasil komposisi material Unsur C dan N yang telah dilakukan pada baja karbon rendah SS 400 setelah diberikan *Surface Hardening* metode kombinasi *carburizing* pada temperatur 850°C dan *nitriding* 500°C.



Gambar 9. Grafik persentase kadar C dan N *carburizing* 850°C dan *nitriding* 500°C

Pada grafik diatas menunjukkan hasil Komposisi material baja SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* dengan temperatur 850°C dan *nitriding* dengan temperatur 500°C. Pada komposisi kadar C meningkat sebesar 9,41 % sementara unsur N meningkat sebesar 4,26 %.

Berikut disajikan pengujian hasil komposisi material Unsur C dan N yang telah dilakukan pada baja karbon rendah SS 400 setelah diberikan *Surface Hardening* metode kombinasi *carburizing* pada temperatur 900°C dan *nitriding* 500°C.

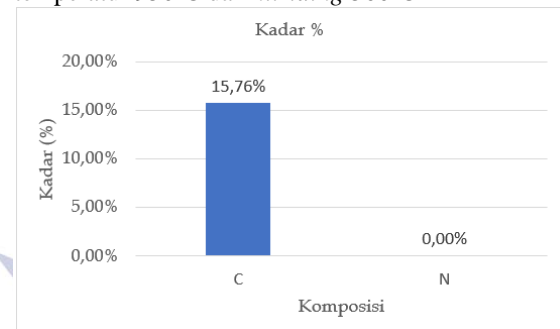


Gambar 10. Grafik persentase kadar C dan N *carburizing* 900°C dan *nitriding* 500°C

Pada grafik diatas menunjukkan hasil Komposisi material baja SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* dengan temperatur 900°C dan *nitriding* dengan temperatur

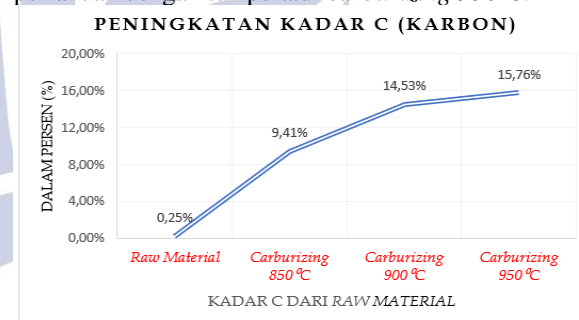
500°C. Pada komposisi kadar C meningkat sebesar 14,53 % sementara unsur N meningkat sebesar 3,57 %.

Berikut disajikan pengujian hasil komposisi material Unsur C dan N yang telah dilakukan pada baja karbon rendah SS 400 setelah diberikan *Surface Hardening* metode kombinasi *carburizing* pada temperatur 950°C dan *nitriding* 500°C



Gambar 11. Grafik persentase kadar C dan N *carburizing* 950°C dan *nitriding* 500°C

Pada grafik diatas menunjukkan hasil Komposisi material baja SS 400 setelah diberikan perlakuan *surface hardening* dengan *carburizing* dengan temperatur 950°C dan *nitriding* dengan temperatur 500°C. Pada komposisi kadar C meningkat sebesar 15,76 % sementara unsur N tidak terdeteksi pada perlakuan dengan temperatur *carburizing* 950°C.



Gambar 12. Grafik Peningkatan kadar C dari *Raw Material*

Pada Gambar Grafik 4.10 dapat dianalisa bahwa semakin meningkat temperature yang di berikan maka akan semakin meningkat juga kadar karbon dan menjadikan permukaan semakin keras. Seiring dengan bertambahnya tingkat kekerasan material yang dihasilkan maka akan semakin banyak kadar karbon yang terbentuk, hal tersebut menyebabkan semakin banyaknya *martensit* yang terbentuk. Sehingga dapat di simpulkan bahwa semakin banyak kadar karbon yang terkandung pada material maka semakin tinggi juga Tingkat kekerasan pada material yang diberi perlakuan.

Peningkatan kadar C pada material diakibatkan oleh karbon yang berdifusi yang terbentuk karena penambahan unsur C dan temperatur yang tinggi dalam proses *carburizing*. Pada penelitian ini persentase kadar C yang tertinggi didapatkan pada material yang diberikan perlakuan *surface hardening* dengan temperatur *carburizing* 950°C dengan kadar C yang didapatkan adalah 15,76 %, karena temperatur aktivasi termal laju difusi

bertambah seiring dengan meningkatnya temperatur, karbon pada material baja karbon rendah dengan temperatur yang lebih tinggi, atom-atom dalam struktur kristal baja memiliki energi kinetik yang lebih besar. Akibatnya, atom karbon dapat berdifusi lebih cepat dan lebih jauh ke dalam struktur baja (Nani Mulyaningsih 2021:60).

Pada penelitian ini unsur N yang terdeteksi pada pengujian setelah dilakukan perlakuan semakin menurun. Pada penelitian ini *nitriding* dilakukan menggunakan temperatur 500°C dengan kurun waktu 9 jam pada tiap spesimen uji. Pada variasi temperatur awal hingga akhir kadar N yang di tunjukkan semakain menurun secara berturut turt adalah 4,62%, 3,56 dan pada variasi terakhir tidak terdeteksi adanya unsur N.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kadar nitrogen tidak terdeteksi pada material yang setelah diberikan perlakuan *carburizing* dan *nitriding* antara lain adalah :

- 1) Tumpang tindih pada energi sinar X karakteristik nitrogen tumpang tindih dengan puncak unsur lain yang ada dalam spesimen, terutama jika konsentrasi unsur lain sangat tinggi. Hal ini dapat membuat sulit membedakan dan mengukur intensitas puncak kadar *nitrogen* pada material.
- 2) Pada saat pengujian kondisi vakum yang tidak sempurna menyebabkan penyerapan sinar X oleh molekul udara, sehingga mengurangi intensitas sinyal yang terdeteksi.
- 3) Kontaminasi pada permukaan sampel dapat mempengaruhi analisis terhadap material, terutama jika kontaminan tersebut mengandung unsur yang sama dengan nitrogen atau menghasilkan sinyal yang mirip.
- 4) Permukaan sampel yang kasar atau tidak rata dapat menyebabkan penyebaran berkas elektron dan mengurangi intensitas sinyal X.

Proses *nitriding* pada material akan mengasilkan kadar (N) Nitrogen yang meningkat seiring dengan tinggi temperatur yang diberikan. Atom nitrogen akan larut dalam benda yang dinitridisasi sehingga terbentuk nitrida pada logam, lama waktu dalam proses *nitriding* mempengaruhi kadar nitrogen yang berdifusi kedalam permukaan material (Nani Mulyaningsih 2021:67). Berdasarkan hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa kadar N akan tetap terkandung dalam spesimen setelah diberikan perlakuan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik Kesimpulan bahwa nilai kekerasan terbesar terdapat pada variasi proses *carburizing* dan *nitriding* 950°C dan 500°C. hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *carburizing* yang diberikan maka akan semakin besar nilai kekerasan terhadap permukaan material.

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada material saat *carburizing* dengan temperatur 850°C, 900°C dan 950°C persentase unsur C yang terbentuk adalah 9,41%, 14,53%, dan 15,76%, sehingga dapat dikatakan bahwa kadar C mengalami kenaikan seiring meningkatnya temperatur pada saat proses *carburizing*. Sedangkan untuk unsur N yang terkandung pada material berturut – turut sebesar 4,26%, dan 3,58%. Pada temperatur *carburizing* 950°C dan *nitriding* 500°C kadar N tidak terdeteksi dalam pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar, M., Ketapang, P. N., & Pawan, D. (2019). Proses Karburisasi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Menggunakan Karbon Arang Kayu Belian Dan Arang Kayu Akasia. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 9(2), 190–195.
- Bahtiar, Iqbal, M., & Arisandi, D. (2017). Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Mekanikal*, 8(1), 686–696.
- Farikhin, F. (2016). Analisa scanning electron microscope komposit polyester dengan filler karbon aktif dan karbon non aktif. *Publikasi Ilmiah*, 1–16.
- Iqbal, M. (2018a). Pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis pada proses pengkarbonan padat baja karbon rendah. *Jurnal SMARTek*, Vol 6(2).
- Mulyaningsih, N., S.T., M.Eng. (2021). Buku Ajar Metalurgi Fisik. Denpasar: Pustaka Rumah C1nta.
- Negara, D. N., & Muku, K. D. M. I. (2015). Pack Carburizing Baja Karbon Rendah. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 7(1).
- Nova, C., Malau, V., Sujitno, T., Grafika, J., Yogyakarta, N., & Fax, T. (2012). Pengaruh Tekanan dan Lama Plasma Nitriding Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Baja Tahan Karat AISI 410. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS – 2012*, 85–92.