

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Data Hasil Pengujian Distribusi Kekerasan

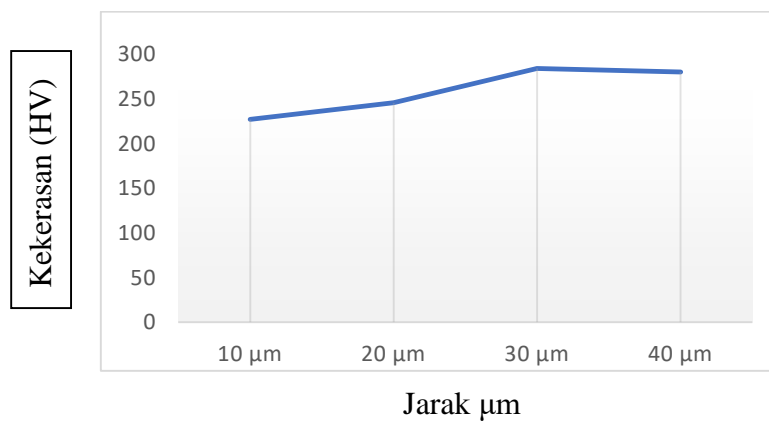
Dari hasil proses nitridisasi pada fluidised bed maka dapat dievaluasi hasil dari proses nitridisasi, yang meliputi pengujian distribusi kekerasan untuk mengetahui kedalaman difusi permukaan dari hasil proses nitridisasi.

Data hasil pengujian distribusi kekerasan dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini

Tabel 4.1 Kekerasan sebelum proses nitridisasi

Kode Spesimen	Kedalaman (μm)	Kekerasan (Hv)
FC	10 μm	227,1
	20 μm	245,9
	30 μm	284,4
	40 μm	280,4

Grafik 4.1 Hubungan antara kekerasan dengan jarak sebelum proses

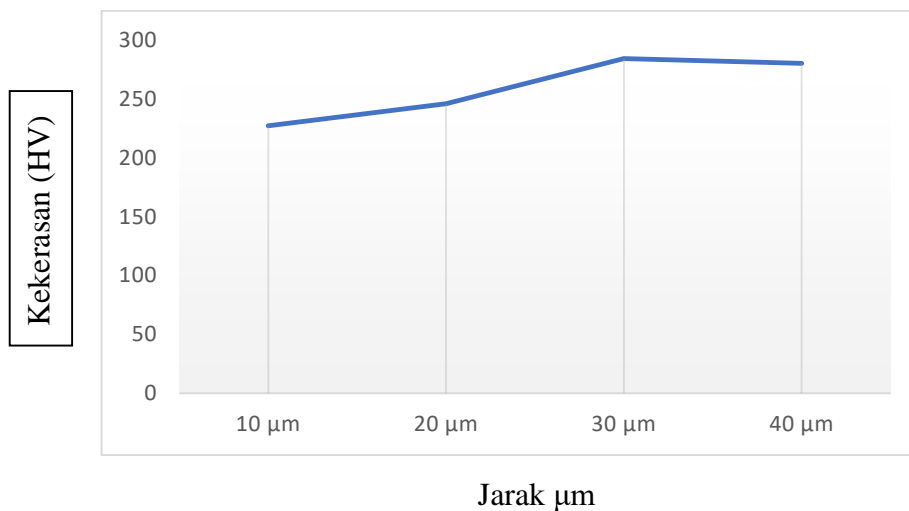


Dari tabel dan grafik diatas sebelum dilakukan proses nitridisasi diketahui kekerasan tertinggi pada kedalaman 30 μm yaitu 284,4 HV dan diketahui juga kekerasan terendah pada kedalaman 10 μm yaitu 227,1 HV

Tabel 4.2 Kekerasan setelah proses nitridisasi pada temperatur 650⁰C 1 Jam

Kode Spesimen	Kedalaman (μm)	Kekerasan (Hv)
FC 650 ⁰ C 1 Jam	10 μm	252,5
	20 μm	220,8
	30 μm	277,2
	40 μm	227,5

Grafik 4.2 Hubungan antara kekerasan dengan jarak sesudah proses temperatur 650⁰C selama 1 jam

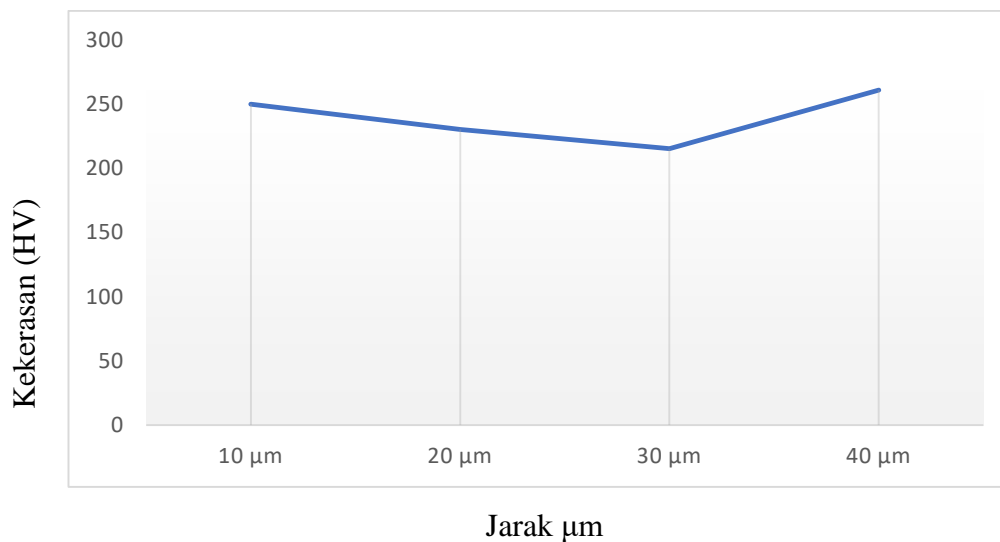


Dari tabel dan grafik diatas sesudah dilakukan proses nitridisasi dengan temperatur 650⁰C selamanya 1 jam diketahui kekerasan tertinggi pada kedalaman 30 μm yaitu 277,2 HV dan diketahui juga kekerasan terendah pada kedalaman 20 μm yaitu 220,8 HV. Dikarenakan oleh proses nitridisasi dengan temperatur yang tinggi yaitu 650⁰C.

Tabel 4.3 Kekerasan setelah proses nitridisasi pada temperatur 650⁰C 2 Jam

Kode Spesimen	Kedalaman (μm)	Kekerasan (Hv)
FC 650 ⁰ C 2 Jam	10 μm	250,1
	20 μm	230,4
	30 μm	215,3
	40 μm	261,1

Grafik 4.3 Hubungan antara kekerasan dengan jarak temperatur 650⁰C 2 jam

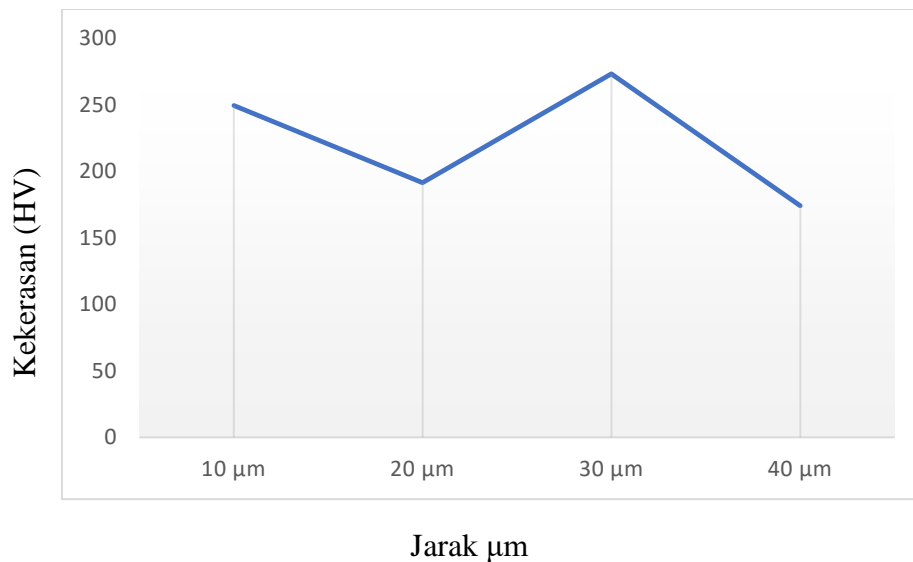


Dari tabel dan grafik diatas sesudah dilakukan proses nitridisasi dengan temperatur 650⁰C selamanya 2 jam diketahui kekerasan tertinggi pada kedalaman 40 μm yaitu 261,1 HV dan diketahui juga kekerasan terendah pada kedalaman 30 μm yaitu 215,3 HV. Dikarenakan oleh proses nitridisasi dengan temperatur yang tinggi yaitu 650⁰C dengan waktu proses 2 jam

Tabel 4.4 kekerasan setelah proses nitridisasi pada temperatur 650⁰C 3 Jam

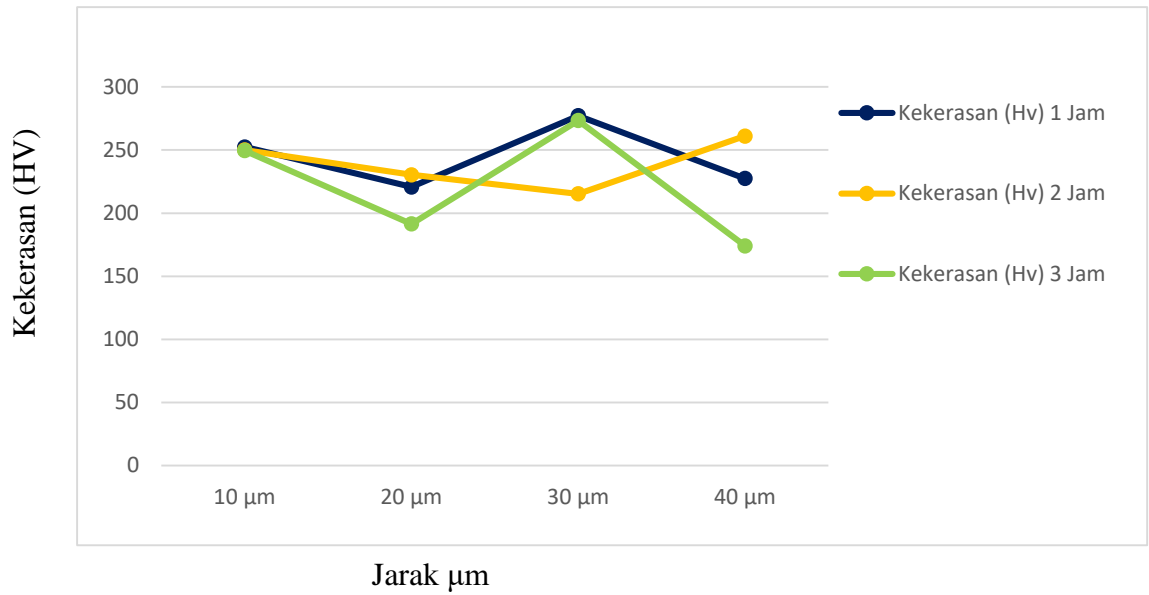
Kode Spesimen	Kedalaman (μm)	Kekerasan (Hv)
FC 650 ⁰ C 3 Jam	10 μm	249,5
	20 μm	191,5
	30 μm	273,4
	40 μm	174,1

Grafik 4.4 Hubungan antara kekerasan dengan jarak temperatur 650⁰C 3 jam



Dari tabel dan grafik diatas sesudah dilakukan proses nitridisasi dengan temperatur 650⁰C selamanya 3 jam diketahui kekerasan tertinggi pada kedalaman 10 μm yaitu 249,5 HV dan diketahui juga kekerasan terendah pada kedalaman 40 μm yaitu 174,1 HV. Dikarenakan oleh proses nitridisasi dengan temperatur yang tinggi yaitu 650⁰C dengan waktu proses 3 jam

Grafik 4.5 Hubungan antara kekerasan dengan jarak temperatur 650⁰C selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam



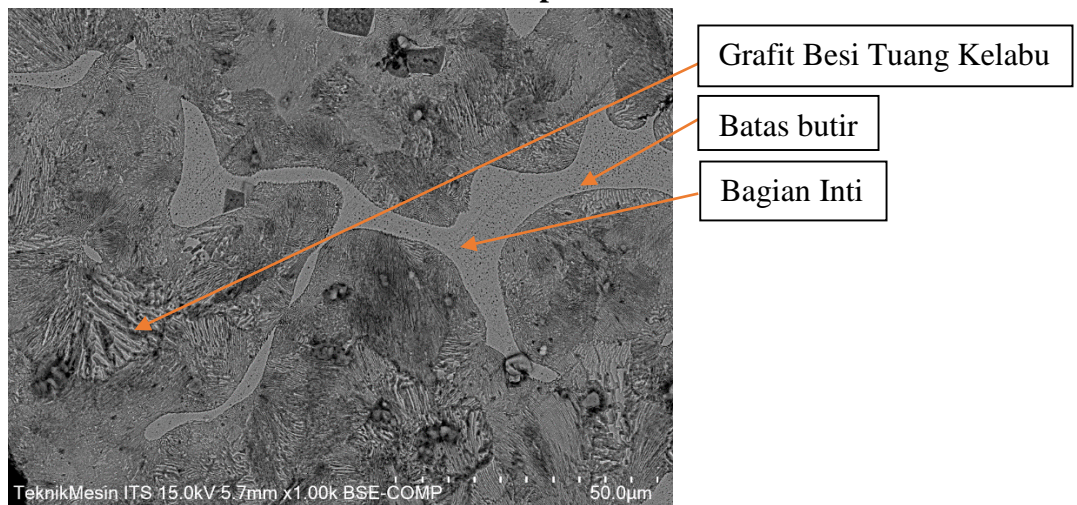
Dari grafik diatas proses nitridisasi dengan besi tuang kelabu pada temperatur 650⁰C selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam diketahui bahwa kekerasan tertinggi berada pada proses nitridisasi selama 1 jam sebesar 252,5 HV dan kekerasan terendah berada pada proses nitridisasi selama 3 jam sebesar 174,1 HV

4.1.1 Data Hasil Foto SEM-EDS

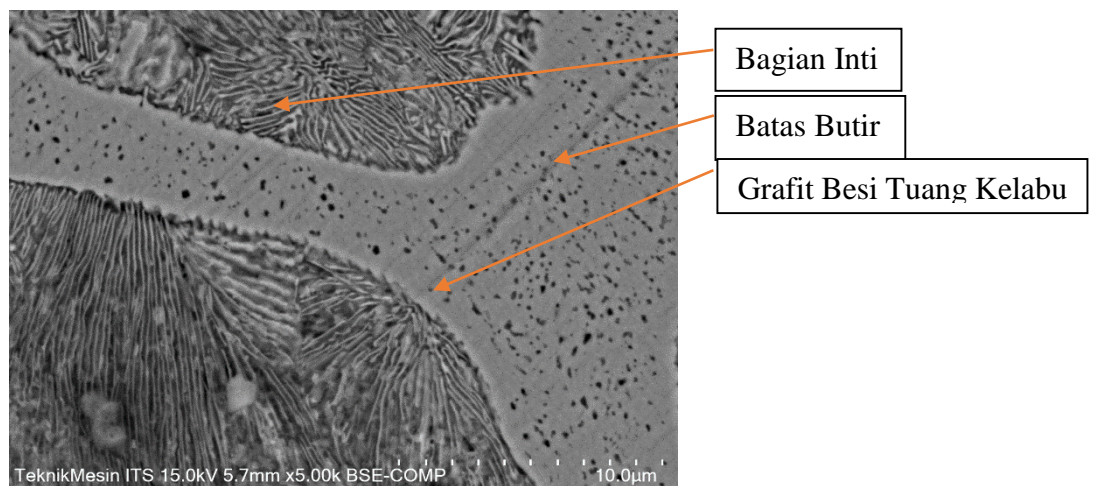
Dari hasil proses nitridisasi pada fluidised bed maka dapat dievaluasi hasil dari proses nitridisasi, yang meliputi pengujian SEM-EDS untuk mengetahui struktur mikro dan unsur-unsur yang terdapat pada spesimen yang sudah di proses nitridisasi dan yang belum di proses nitridisasi.

data hasil pengujian distribusi kekerasan dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini.

1. Data Hasil Foto SEM-EDS Sebelum Diproses

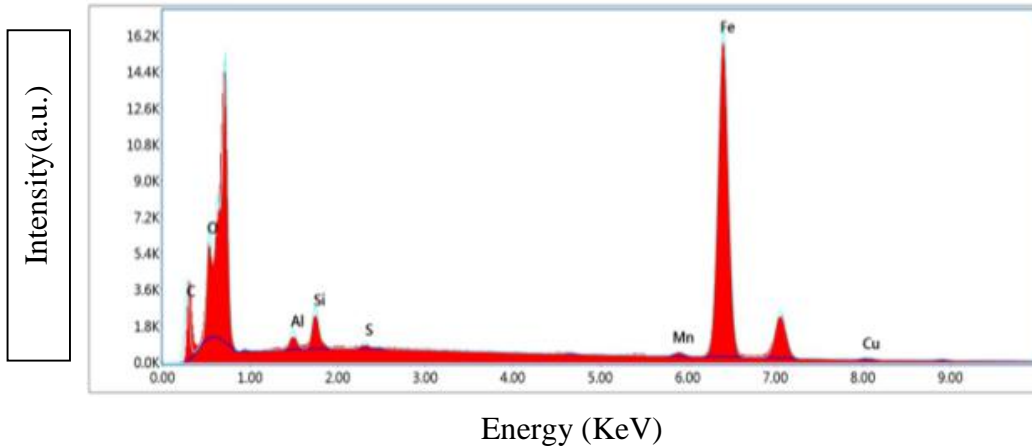


Gambar 4.1 Pembesaran 1000x Sebelum Proses



Gambar 4.2 Pembesaran 5000x Sebelum Proses

Grafik 4.6 Komposisi Kandungan Sebelum Proses

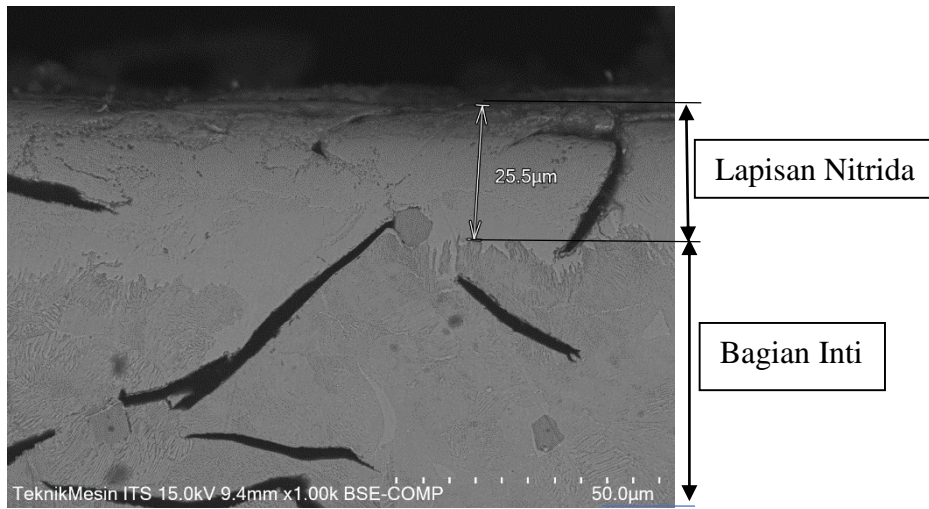


Tabel 4.5 Komposisi Kandungan Sebelum Proses

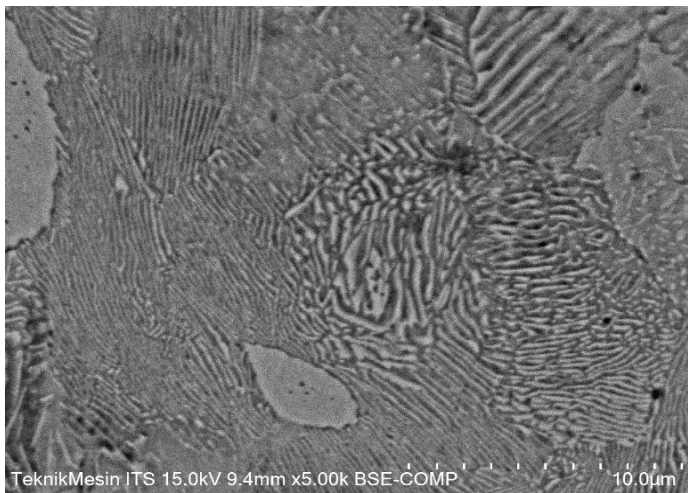
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	8.50	27.25	252.34	9.65	0.0254	1.2928	0.2311	1.0000
O K	4.52	10.87	388.16	7.58	0.0245	1.2371	0.4375	1.0000
AlK	0.94	1.35	80.76	9.47	0.0047	1.1004	0.4530	1.0017
SiK	1.72	2.36	188.56	6.91	0.0112	1.1248	0.5775	1.0028
S K	0.30	0.37	32.13	12.74	0.0026	1.1015	0.7730	1.0075
MnK	0.70	0.49	27.57	13.26	0.0074	0.9325	0.9996	1.1352
FeK	82.26	56.89	2426.17	2.43	0.7821	0.9467	1.0020	1.0022
CuK	1.04	0.83	14.84	20.03	0.0090	0.9045	0.9522	1.0112

Dari data hasil foto SEM-EDS sebelum proses besi tuang kelabu pada pembesaran 1000x dan pembesaran 5000x diketahui bahwa unsur kandungan karbon yaitu sebesar 27,25% atom dan memiliki kandungan oksigen sebesar 10,87% atom.

2. Data Hasil Foto SEM-EDS Temperatur 650°C Selama 1 Jam

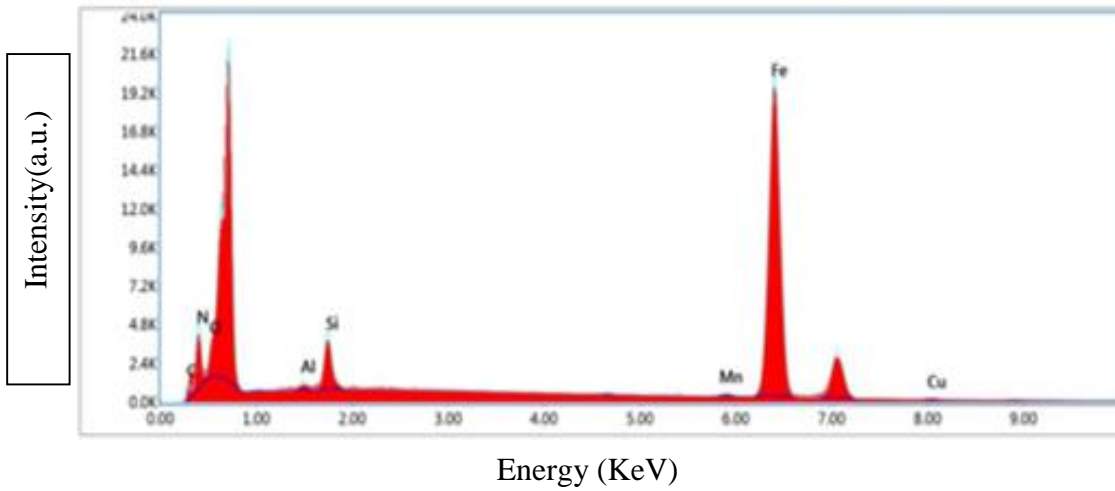


Gambar 4.3 Pembesaran 1000x Sesudah Proses 1 Jam



Gambar 4.4 Pembesaran 5000x Sesudah Proses 1 Jam

Grafik 4.7 Komposisi Kandungan Sesudah Proses 1 Jam

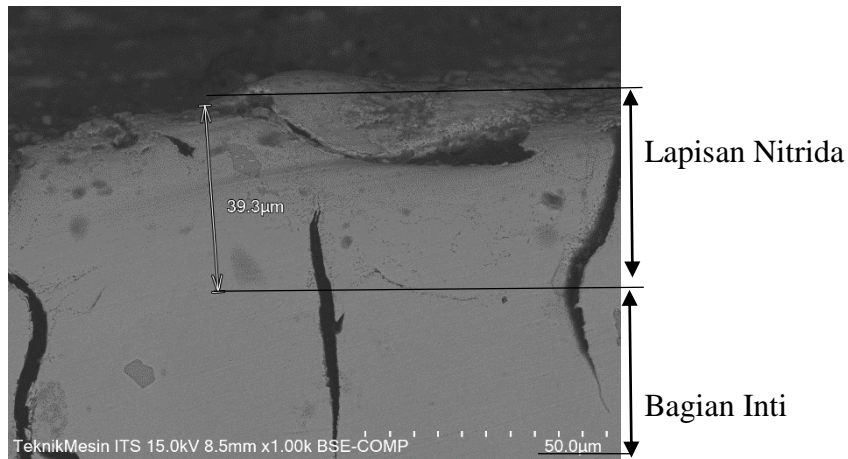


Tabel 4.6 Komposisi Kandungan Sesudah Proses 1 Jam

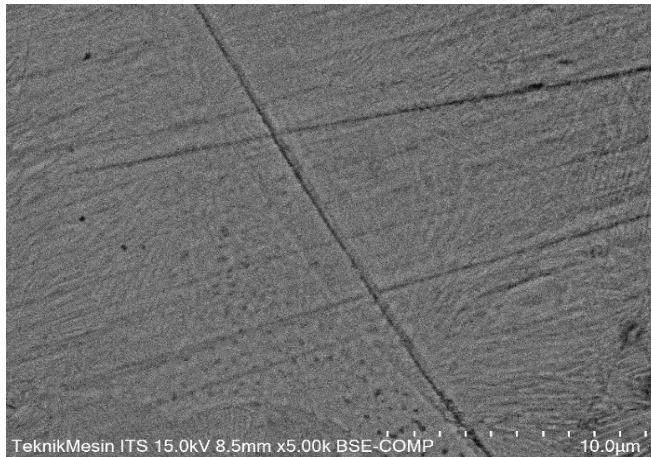
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
CK	1.93	6.88	64.09	11.14	0.0056	1.3108	0.2233	1.0000
NK	6.37	16.42	264.62	8.80	0.0223	1.2808	0.3245	1.0000
OK	1.71	4.57	162.75	9.80	0.0090	1.2544	0.4193	1.0000
AlK	0.51	0.80	49.10	11.31	0.0025	1.1162	0.4426	1.0017
SiK	2.65	4.03	330.34	6.59	0.0172	1.1408	0.5690	1.0027
MnK	0.46	0.36	20.86	17.31	0.0049	0.9468	0.0086	1.1371
FeK	86.71	66.49	2963.51	2.39	0.8360	0.9614	1.0013	1.0015
CuK	0.68	0.46	11.19	34.91	0.0060	0.9193	0.9487	1.0108

Dari data hasil foto SEM-EDS sebelum proses besi tuang kelabu pada pembesaran 1000x dan pembesaran 5000x diketahui bahwa unsur kandungan karbon yaitu sebesar 6,88% atom dan memiliki kandungan nitrogen sebesar 16,42% atom. Naiknya kadar nitrogen disebabkan oleh pengaruh proses nitridisasi dengan temperatur 650°C selama 1 jam, dan turunnya kadar atom karbon dikarenakan unsur nitrogen berdifusi pada spesimen.

3. Data Hasil Foto SEM- EDS Temperatur 650°C Selama 2 Jam

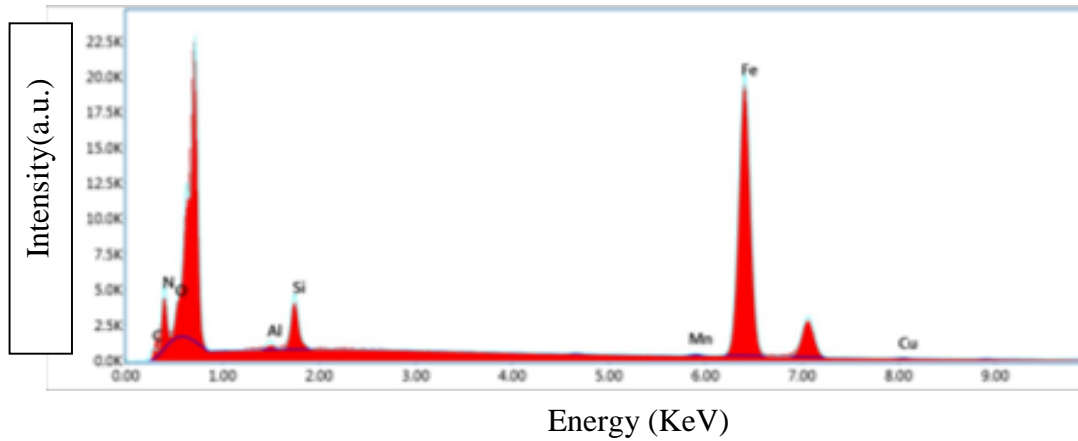


Gambar 4.5 Pembesaran 1000x Sesudah Proses 2 Jam



Gambar 4.6 Pembesaran 5000x Sesudah Proses 2 Jam

Grafik 4.8 Komposisi Kandungan Sesudah Proses 2 Jam

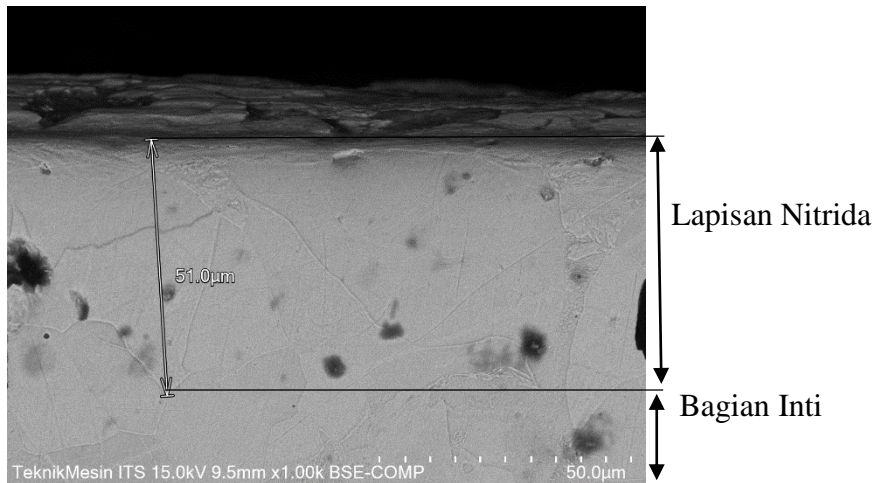


Tabel 4.7 Komposisi Kandungan Sesudah Proses 2 Jam

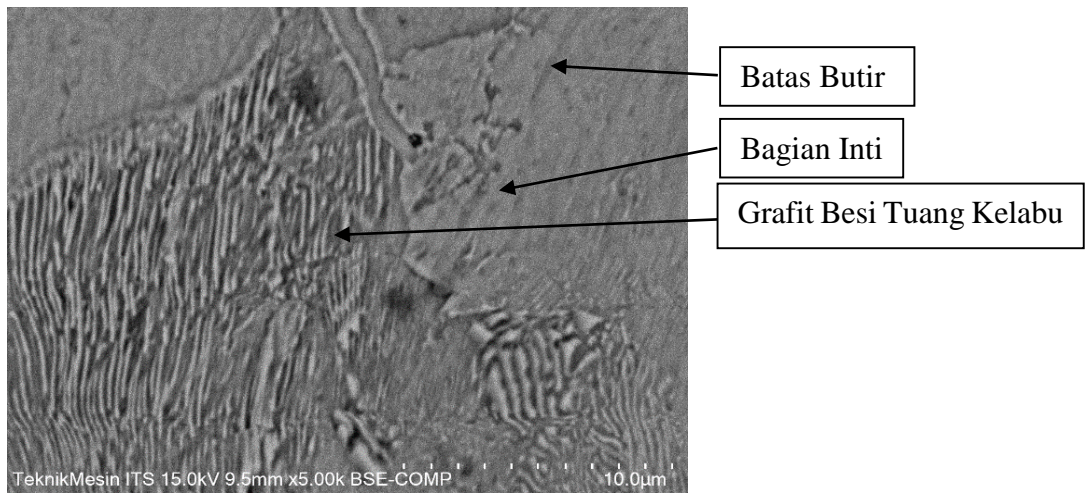
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	1.48	5.29	48.62	11.47	0.0043	1.3107	0.2222	1.0000
N K	5.80	17.16	298.60	8.74	0.0236	1.2807	0.3287	1.0000
O K	1.89	5.08	179.48	9.66	0.0100	1.2543	0.4197	1.0000
Al K	0.53	0.84	50.66	11.20	0.0026	1.1160	0.4430	1.0017
Si K	2.85	4.35	353.26	6.43	0.0185	1.1407	0.5694	1.0027
Mn K	0.41	0.32	18.36	19.45	0.0044	0.9467	0.9955	1.1373
Fe K	66.66	66.57	2940.12	2.39	0.8353	0.9613	1.0012	1.0015
Cu K	0.58	0.39	9.59	31.76	0.0052	0.9191	0.9488	1.0108

Dari data hasil foto SEM-EDS sebelum proses besi tuang kelabu pada pembesaran 1000x dan pembesaran 5000x diketahui bahwa unsur kandungan karbon yaitu sebesar 5,29% atom dan memiliki kandungan nitrogen sebesar 17,16% atom. Naiknya kadar nitrogen disebabkan oleh pengaruh proses nitridisasi dengan temperatur 650°C selama 2 jam, dan dibandingkan pada proses 1 jam yaitu sekitar 6,88% atom karbon dan 16,42% atom nitrogen, turunnya kadar atom karbon dikarenakan unsur nitrogen berdifusi pada spesimen jauh kedalam permukaan.

4. Data Hasil Foto SEM- EDS Temperatur 650°C Selama 3 Jam

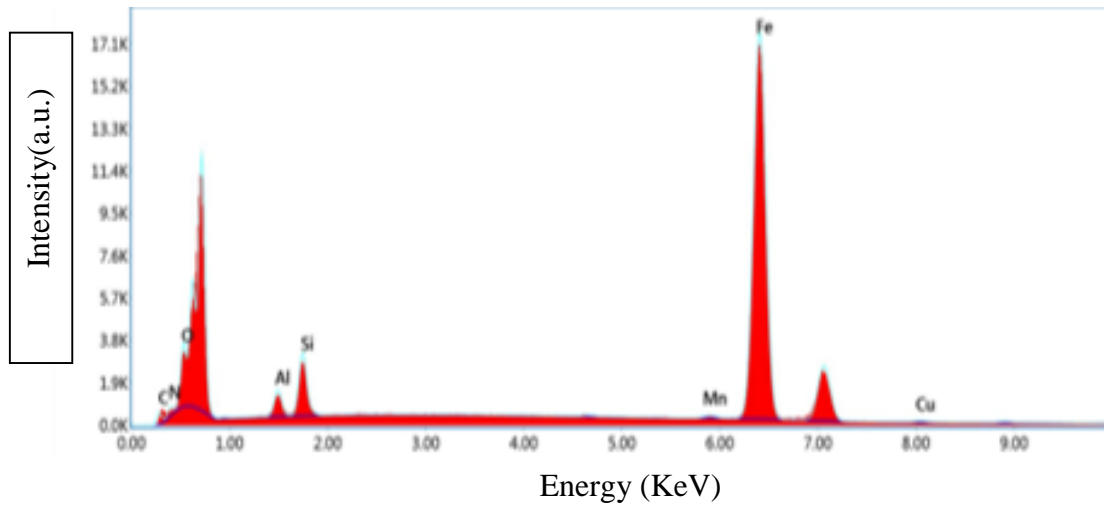


Gambar 4.7 Pembesaran 1000x Tampak Sesudah Proses 3 Jam



Gambar 4.8 Pembesaran 5000x Sesudah Proses 3 Jam

Grafik 4.9 Komposisi Kandungan Sesudah Proses 3 Jam



Tabel 4.8 Komposisi Kandungan Sesudah Proses 3 Jam

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
CK	1.19	4.79	31.03	11.98	0.0034	1.3323	0.2129	1.0000
NK	0.85	1.92	23.82	13.83	0.0023	1.3019	0.3189	1.0000
OK	2.09	6.34	190.48	7.86	0.0129	1.2751	0.4852	1.0000
AlK	1.32	2.37	102.80	8.92	0.0085	1.1349	0.4317	1.0017
SiK	2.55	4.40	256.22	6.73	0.0164	1.1600	0.5543	1.0027
MnK	0.45	0.40	16.84	21.07	0.0049	0.9839	0.9972	1.1360
FeK	91.16	79.25	2575.51	2.39	0.8939	0.9791	1.0002	1.0012
CuK	0.70	0.53	9.48	21.33	0.0062	0.9371	0.9449	1.0102

Dari data hasil foto SEM-EDS sebelum proses besi tuang kelabu pada pembesaran 1000x dan pembesaran 5000x diketahui bahwa unsur kandungan karbon yaitu sebesar 4,79% atom dan memiliki kandungan nitrogen sebesar 1,92% atom. Turunya kadar karbon disebabkan oleh proses nitridisasi dengan temperatur 650°C selama 3 jam. Dan menurunnya kadar nitrogen pada proses ini disebabkan oleh temperatur yang terlalu tinggi sehingga atom nitrogen tidak bisa berdifusi besar dan masuk kedalam unsur besi.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Distribusi Kekerasan (Micro Vickers)

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap besi cor kelabu setelah proses perlakuan permukaan dengan proses nitridisasi maka dapat diperoleh data-data dan kesimpulan untuk menunjang proses penelitian.

Dari (tabel 4.1) yaitu spesimen yang belum diproses didapat kekerasan tertinggi 284,4 HV dan bila dibandingkan dengan kekerasan setelah diproses nitridisasi dengan temperatur 650⁰C dengan holding 1,2, dan 3 jam, maka diperoleh kekerasan tertinggi yaitu 272,2 HV, 261,1 HV, 273,4 HV

Dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4 bahwa waktu holding 2 dan 3 jam kekerasan pada daerah difusi lebih rendah dibandingkan dengan daerah inti ini disebabkan oleh tidak terjadinya reaksi atau kurang sempurna reaksi antara atom nitrogen dengan atom besi pada proses nitridisasi sehingga pada daerah inti terjadi proses annealing saja.

Purwadi wiwik mengatakan penahanan (holding time) yang lebih lama, maka, kekerasan permukaan yang dihasilkan akan lebih tinggi. reaksi kimia antara besi dan nitrogen berlangsung lebih lama, sehingga konsentrasi nitrogen pada permukaan sampel yang berasal dari difusi nitrogen akan lebih banyak dan membentuk besi nitrida.

Jadi dari proses uji kekerasan menggunakan micro Vickers sebelum dilakukan proses diperoleh kekerasan tertinggi yaitu 284,4 HV dengan kedalaman 30 μm dan kekerasan terendah yaitu 227,1 dengan kedalaman 10 μm , setelah dilakukan proses selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, didapat kekerasan tertinggi sebesar 277,2 HV, 261,1 HV, 273,4 HV dengan kedalaman 30 μm , 40 μm , 30 μm dan kekerasan terendah yaitu 220,8 HV, 215,3 HV, 191,5 HV dengan kedalaman 20 μm , 30 μm , 20 μm .

Setelah pengujian distribusi kekerasan yang telah dilakukan pada spesimen besi tuang kelabu dengan variasi waktu yang diberikan maka pengujian ini hampir mendekati kebenaran dikarenakan temperatur 650⁰C dan waktu penahanan yang lama maka didapat kekerasan yang tinggi, dimana

apabila N jauh masuk kedalam pori-pori inti spesimen mengakibatkan kekerasan (HV) yang terjadi pada besi tuang kelabu setelah dilakukan proses nitridisasi menjadi naik karena semakin lama holding time yang diberikan maka kekerasan yang terjadi semakin naik. Dan permukaan yang terjadi tidak rata pada spesimen besi tuang kelabu setelah dilakukan proses nitridisasi diakibatkan karena temperatur yang diberikan untuk proses nitridisasi terlalu tinggi sehingga atom nitrogen yang berdifusi tidak merata atau bergelombang.

4.2.2 Mikro dan SEM-EDS

Struktur mikro diperoleh dari hasil metalografi raw material (sebelum dilakukan proses nitridisasi) dan spesimen yang sesudah mengalami proses nitridisasi. Hasil dari struktur mikro sudah ditunjukkan pada gambar 1,2,3 dan 4 diatas. Pada gambar 4.1 terlihat terlihat grafif berbentuk serpih keabu-abuan dan terlihat adanya sedikit korosi dikarenakan spesimen belum dilakukan proses.

Pada gambar 4.3 merupakan struktur mikro dari spesimen yang sudah di proses nitridisasi, pada gambar juga terlihat adanya lapisan nitrida pada permukaan spesimen. Lapisan nitrida terbentuk karena atom nitrogen berdifusi dengan atom besi yang berada dispesimen, dari hasil penelitian kemungkinan diperoleh senyawa FeN dari kandungan nitrogen yang jumlahnya baru mencapai 16,42% atom maka proses nitridisasi belum mencapai kondisi optimal, karena untuk mencapai optimal seharusnya unsur kandungan nitrogen sekitar 13% - 20% atom sehingga dapat memperoleh senyawa Fe₄N yang mempunyai sifat sangat keras.

Pada gambar 4.5 spesimen dengan temperatur nitridisasi 650⁰C dengan waktu 2 jam memiliki kadar nitrogen sebesar 17,16% atom lebih besar dibandingkan spesimen dari gambar 2 dengan temperatur 650⁰C dengan waktu 1 jam. Berlebihnya kadar nitrogen dikarenakan kemampuan atom nitrogen berdifusi akan lebih banyak pada specimen, karena atom nitrogen bergerak lebih jauh dan lebih cepat kedalam permukaan spesimen sehingga kadar nitrogen menjadi menaik.

Sedangkan pada gambar ke 4.7 dengan temperatur nitridisasi 650°C dengan waktu 3 jam, memiliki kadar nitrogen sebesar 0,55% berat dan 1,92% atom proses nitridisasi ini memiliki kadar karbon sebesar 1,19% berat dan 4,79 atom tentu saja ini disebabkan oleh bertambahnya waktu proses nitridisasi dari 2 jam ke 3 jam sehingga atom nitrogen tidak bisa berdifusi dengan spesimen dan bergerak jauh dan lebih cepat dari permukaan spesimen.

Rahayu sri, Setiawan ngainun, Virhdian shinta, Dkk, juga menemukan hal yang sama jika dilihat dari unsur kandungan nitrogen yang hanya mencapai 17,16% atom maka proses nitridisasi sudah mencapai optimal, karena untuk mencapai optimal kandungan nitrogen harus sekitar 13-20% atom sehingga dapat diperoleh senyawa Fe₄N yang mempunyai sifat yang sangat keras.

Rahayu sri, Setiawan ngainun, Virhdian shinta, Dkk dan Kurniawan fahri, hal ini disebabkan karena kandungan nitrogen kurang masuk ke inti logam sehingga lapisan nitrogen terlihat pada bagian tepi permukaan saja. Spesimen yang diproses dengan suhu nitridisasi yang tinggi maka memiliki kadar nitrogen yang lebih tinggi pula.

Jadi dari proses pengujian SEM-EDS dengan temperatur 650°C dengan variasi waktu selama 1 jam, 2 jam, 3 jam yang telah dilakukan sebelum ataupun sesudah nitridisasi diketahui transformasi ledeburit ke cementit, cementit, grafit, inti, korosi, perlit, dan juga lapisan nitrida. Pada spesimen yang telah dilakukan proses nitridisasi terdapat endapan perlit yang ada pada besi tuang kelabu berupa senyawa Fe₄N yang mengakibatkan spesimen menjadi keras yang disebabkan oleh ikatan antara atom nitrogen dengan unsur paduan yang terkandung dalam inti besi tuang kelabu.

