

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil penelitian

4.1.1 Data hasil pengujian kekerasan *Micro Vickers*

Dari proses carburizing yang telah dilakukan menggunakan dapur *fluidized bed furnace* dapat di evaluasi dengan pengujian kekerasan dengan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada permukaan dengan menggunakan menggunakan metode pengujian *Mikro Vickers* yang dilakukan di laboratorium Politeknik Negeri Malang. Data diambil sebanyak 10 spesimen untuk mengetahui sejauh mana difusi serbuk karbon *foto copy* dan serbuk arang batok kelapa pada permukaan Baja AISI 4140.

1. Hasil pengujian kekerasan Raw Material Baja AISI 4140

Tabel 4. 1 Nilai Hasil Kekerasan Baja AISI 4140

No.	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-Rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1.	Raw material Baja AISI 4140	306,7	267,9	279,6	284,7

2. Hasil Kekerasan Baja AISI 4140 dengan Laju Alir 20 cm³/min

No.	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-Rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1.	Spesimen 1	532,6	497,5	507,6	512,56
2.	Spesimen 2	509,2	515,6	586,7	537,16
3.	Spesimen 3	498,3	529,7	653,5	560,5
	Rata-rata				536,74

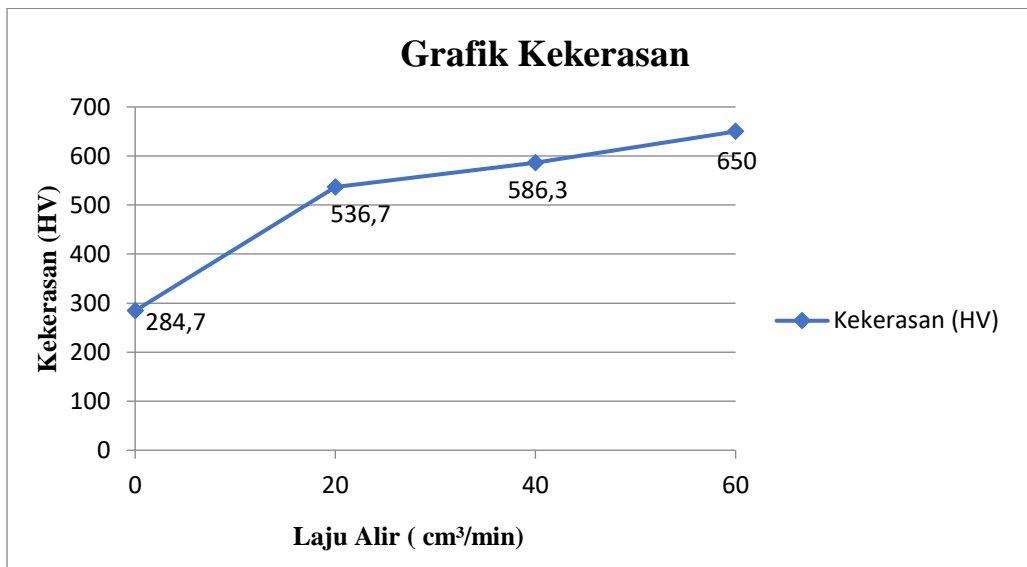
3. Hasil Kekerasan Baja AISI 4140 dengan Laju Alir 40 cm³/min

No.	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-Rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1.	Spesimen 4	552,3	562,6	572,1	562,33
2.	Spesimen 5	589,6	595,7	602,3	595,86
3.	Spesimen 6	569,8	598,5	634,4	600,9
	Rata-rata				586,36

4. Hasil Kekerasan Baja AISI 4140 dengan Laju Alir 60 cm³/min

No.	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-Rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1.	Spesimen 7	612,3	626,4	647,2	628,63
2.	Spesimen 8	624,4	723,1	634,2	660,56
3.	Spesimen 9	623,6	705	654,5	661,03
	Rata-rata				650,07

5. Hasil observasi pengujian kekerasan baja AISI 4140 setelah di carburizing.



Gambar 4. 1 Grafik Kekerasan (Microvickers)

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kekerasan semakin meningkat searah dengan meningkatnya laju alir yang di variasikan pada *Fluidized Bed Furnace*. Nilai kekerasan mengalami peningkatan pada raw material ke laju alir 20 cm³/min dengan selisih nilai peningkatan sebesar 252 HV, kemudian terjadi peningkatan kekerasan kembali pada laju alir 20 cm³/min ke laju alir 40 cm³/min dengan selisih peningkatan sebesar 49,6 HV, dan terjadi peningkatan kembali pada laju alir 40 cm³/min ke laju alir 60 cm³/min dengan selisih peningkatan sebesar 63,7 HV.

4.1.2 Data hasil Pengujian Keausan Pin On Disc

Dari proses carburizing yang telah dilakukan menggunakan dapur *fluidized bed furnace* dapat di evaluasi dengan pengujian keausan dengan bertujuan untuk mengetahui nilai keausan pada permukaan dengan menggunakan standart ASTM G 99. Data diambil sebanyak 10 spesimen untuk mengetahui sejauh mana difusi serbuk karbon foto copy pada permukaan Baja AISI 4140. Pada uji keausan ASTM G99 tipe *pin on disc*, spesimen diletakkan diatas *disc* yang berputar dengan putaran 250 rpm. Pengujian ini dilakukan dengan waktu yang konstan, yaitu 1 jam. Kemudian diberikan pembebanan 8kg.

1. Data hasil pengujian Keausan pada Raw Material Baja AISI 4140

Tabel 4. 2 Hasil Keausan Baja AISI 4140

No.	Kode spesimen	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Berat yang hilang (gram)	Laju Aus (gram/m)	Volume Berat yang Hilang (mm ³)
1.	Raw material	197,74	197,34	0,40	0,0142	50,955

2. Data Hasil Pengujian Keausan dengan Laju Alir 20 cm³/min

No.	Kode spesimen	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Berat yang hilang (gram)	Laju Aus (gram/m)	Volume Berat yang Hilang (mm ³)
1.	Spesimen 1	208,23	207,97	0,26	0,0092	33,121
2.	Spesimen 2	190,67	190,53	0,14	0,0049	17,834
3.	Spesimen 3	210,02	209,90	0,12	0,0042	15,286
Nilai Rata-rata				0,17	0,0061	22,080

3. Data Hasil Pengujian Keausan dengan Laju Alir 40 cm³/min

No.	Kode spesimen	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Berat yang hilang (gram)	Laju Aus (gram/m)	Volume Berat yang Hilang (mm ³)
1.	Spesimen 4	198,69	198,52	0,17	0,0060	21,656
2.	Spesimen 5	198,69	198,52	0,17	0,0060	21,656
3.	Spesimen 6	210,51	210,43	0,08	0,0028	10,191
Nilai Rata-rata				0,14	0,0049	17,834

4. Data Hasil Pengujian Keausan dengan Laju Alir 60 cm³/min

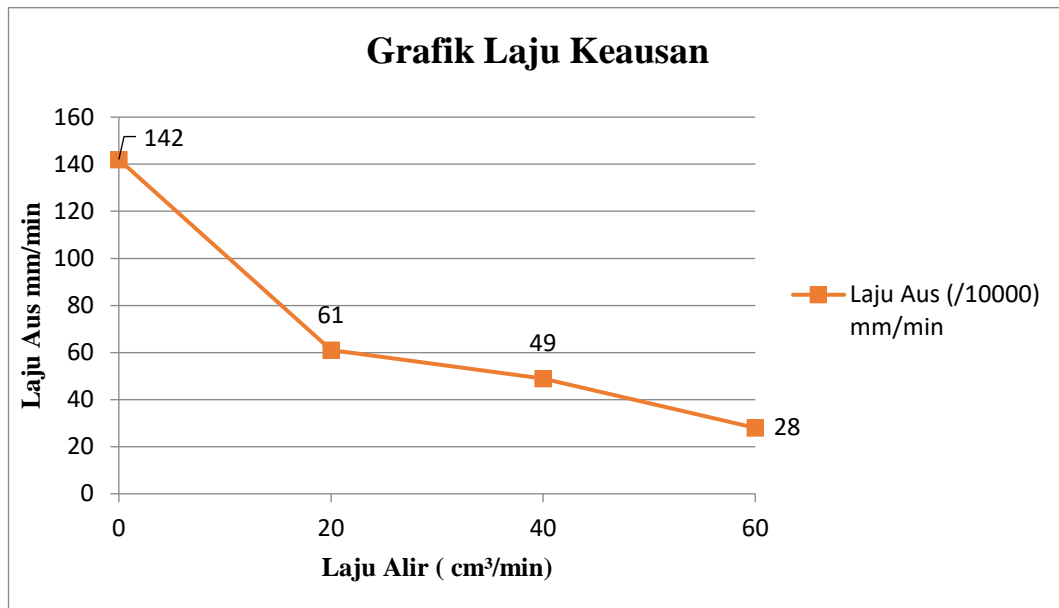
No.	Kode spesimen	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Berat yang hilang (gram)	Laju Aus (gram/m)	Volume Berat yang Hilang (mm ³)
1.	Spesimen 7	201,09	200,88	0,21	0,0074	26,751
2.	Spesimen 8	209,83	209,81	0,02	0,0007	2,547
3.	Spesimen 9	206,60	206,52	0,08	0,0028	10,191
Nilai Rata-rata				0,10	0,0028	13,163

Dapat dilihat pada tabel bahwa nilai laju keausan pada raw material sebesar 0,0142 mm³ /min, dan telah mendapatkan nilai laju aus dari data pengurangan berat yang telah dilakukan, dengan menggunakan rumus dari laju keausan yaitu

$$W = \frac{v_i - v_t}{t} = \frac{\Delta v}{t}$$

yang merupakan rumus yang ada pada spesimen ASTM G 99 (Cahyadi et al., 2020) dilanjutkan dengan rumus berikut $Volume\ loss = \frac{mass\ loss}{density} \times 1000$ untuk mengubah satuan laju aus dari satuan berat dibagi waktu menjadi volume dibagi waktu.

5. Hasil observasi pengujian keausan baja AISI 4140 setelah di carburizing



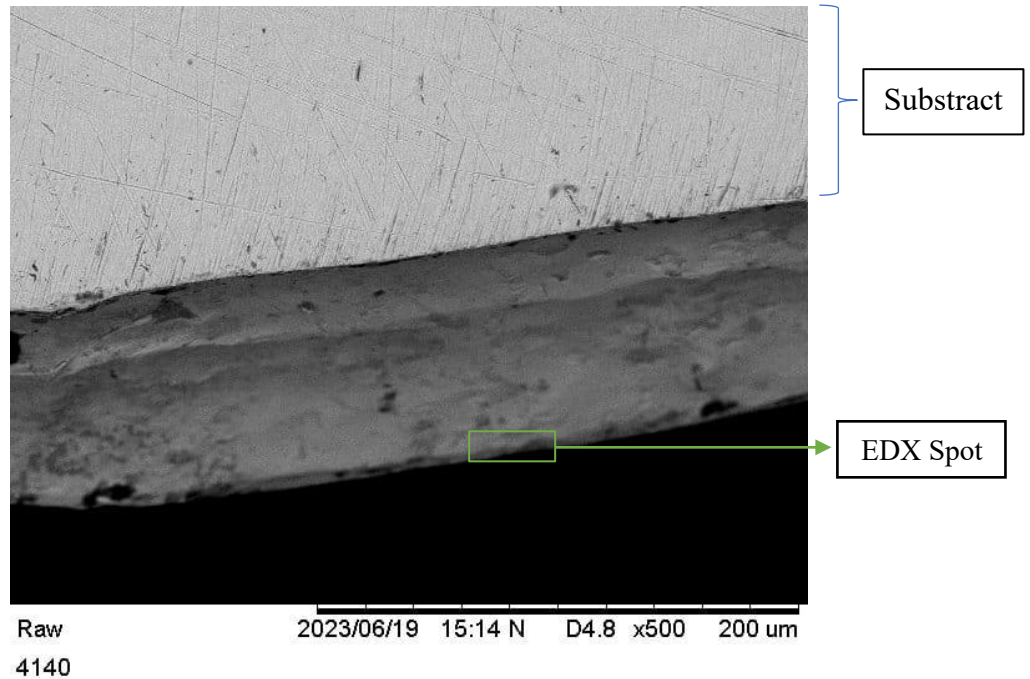
Gambar 4. 2 Grafik Laju Keausan

Berdasarkan gambar grafik 4.2 terlihat, pada nilai keausan mengalami penurunan, pada raw material ke laju alir 20 cm³/min mengalami penurunan sebesar 81 mm³/min, kemudian mengalami penuruna lagi dari laju alir 20 mm³/min ke laju alir 40 mm³/min dengan selisih nilai penurunan sebesar 12 mm³/min, dan mengalami penurunan kembali pada laju alir 40 mm³/min ke laju alir 60 mm³/min dengan selisih nilai penurunan sebesar 21 mm³/min.

4.1.3 Data hasil dan Pembahasan SEM EDX

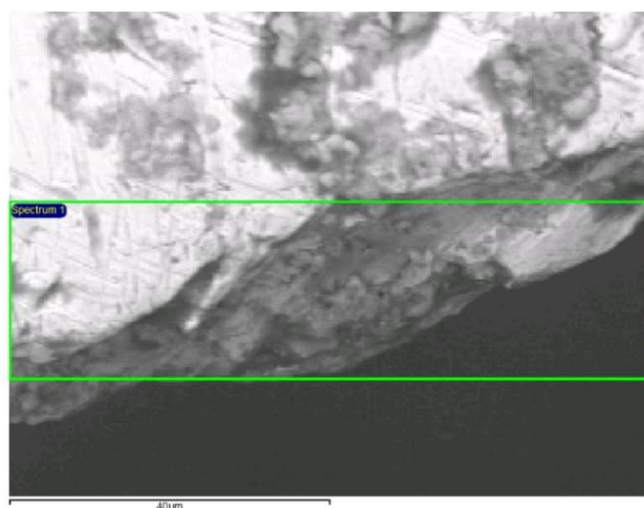
Berikut adalah Analisa hasil pengujian SEM-EDX dilakukan di laboratorium Biosains, Universitas Brawijaya Malang

1. Data hasil pengujian SEM EDX pada Raw Material Baja AISI 4140



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian SEM-EDX Raw Material

(Sumber : Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)



Gambar 4. 4 Hasil EDX Spot pada Raw Material

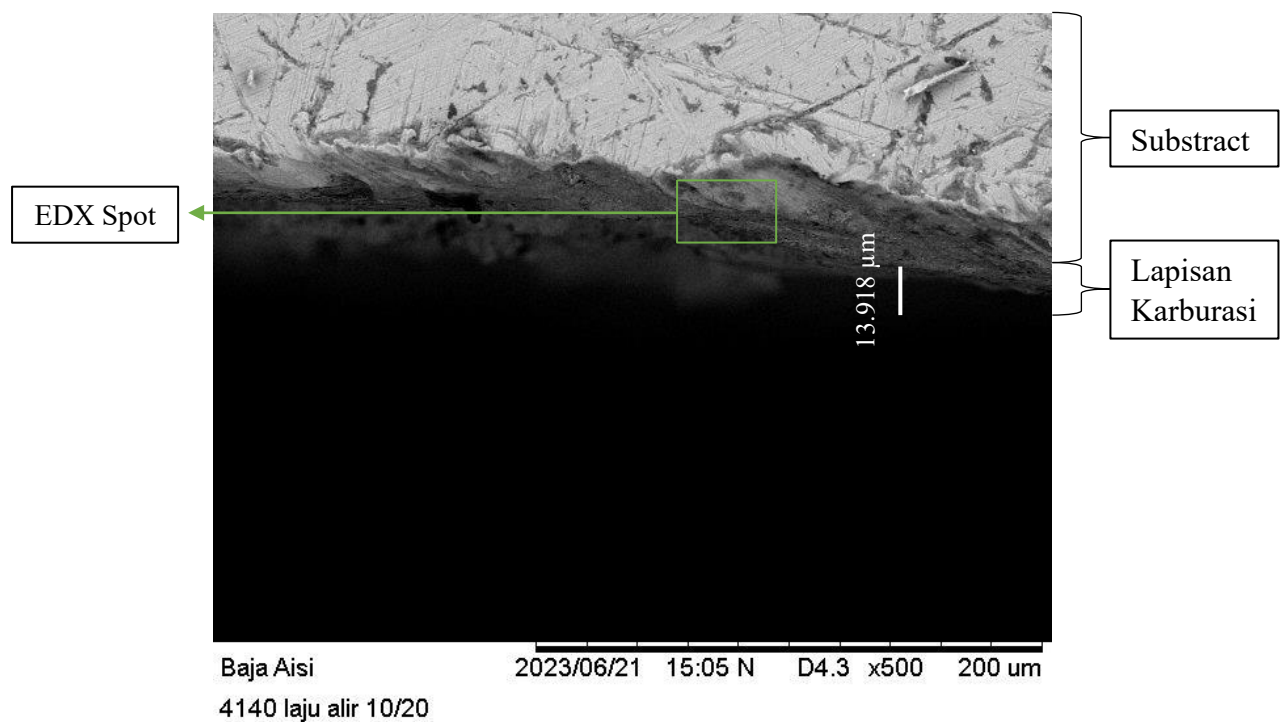
(Sumber : Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)

Tabel 4. 3 Tabel kandungan komposisi Raw material baja AISI 4140

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	14.864	0.475	39.731
Oxygen	5.536	0.318	11.110
Sodium	0.448	0.103	0.626
Magnesium	0.515	0.082	0.680
Aluminum	3.717	0.106	4.423
Silicon	0.579	0.065	0.661
Chromium	0.712	0.099	0.439
Iron	73.630	0.516	42.329

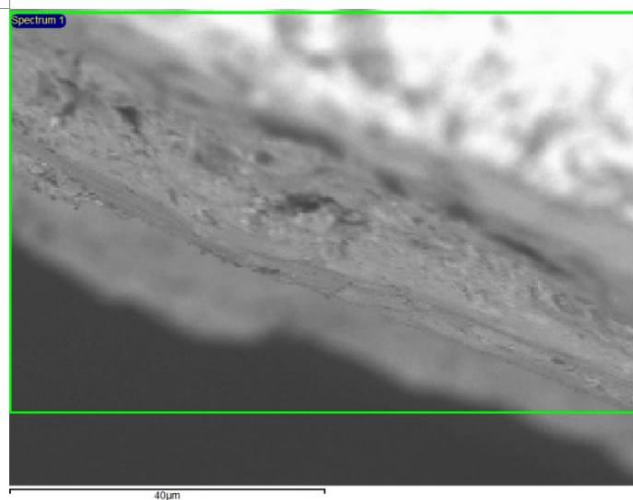
Dari gambar 4.3 menunjukkan hasil foto SEM yang memperlihatkan permukaan sampel Raw Material. Sementara itu, untuk informasi mengenai jumlah kandungan spesimen Raw Material melalui pengujian EDX dapat ditemukan di tabel 4.9 di atas. Dalam tabel tersebut, terlihat bahwa Raw Material mengandung 14,864% C secara persentase dan 39,731% atom karbon.

2. Data hasil pengujian SEM EDX pada Baja AISI 4140 dengan laju alir 20 cm³/min



Gambar 4. 5 Hasil Pengujian SEM-EDX degan laju alir 20 cm³/menit

(Sumber : Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)



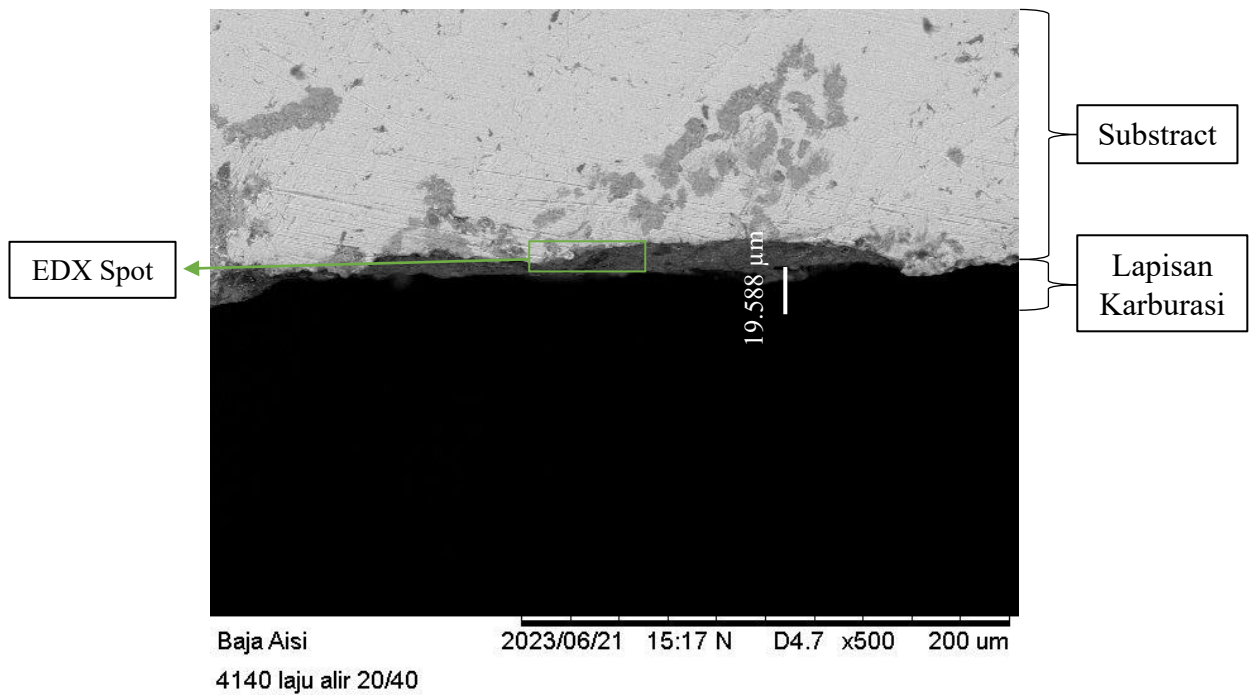
Gambar 4. 6 EDX Spot pada laju alir 20 cm³/min dengan perbesaran 40 μm
(Sumber : Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)

Tabel 4. 4 Tabel kandungan komposisi laju alir 20 cm³/min

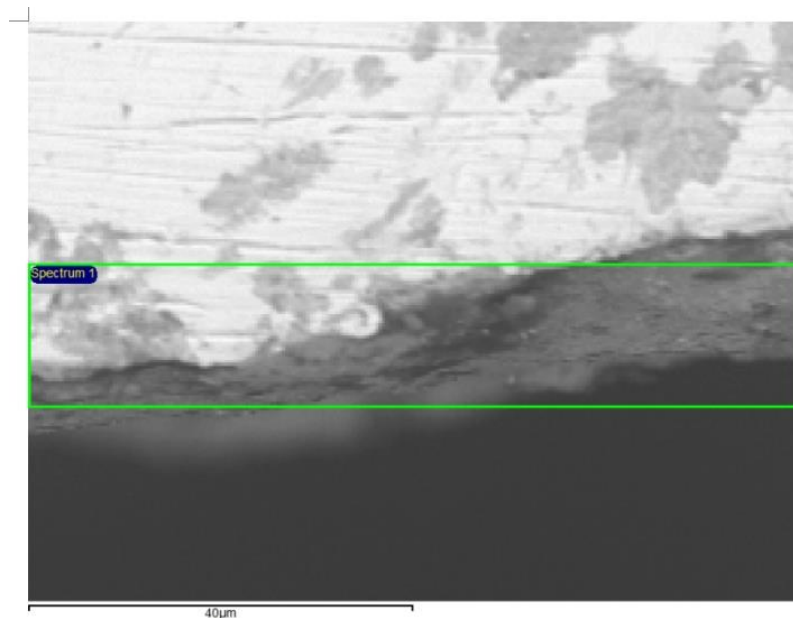
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	17.417	0.433	41.280
Oxygen	12.136	0.358	21.594
Magnesium	0.361	0.074	0.423
Silicon	1.322	0.068	1.340
Calcium	0.511	0.061	0.363
Chromium	0.938	0.096	0.514
Manganese	0.713	0.128	0.369
Iron	66,298	0.476	33,795

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil foto SEM pada permukaan sampel Baja AISI 4140 dengan laju alir 20 cm³/min, pada gambar tersebut menunjukkan ketebalan lapisan karbon sebesar 13.918 μm dengan skala perbesaran 500x, hal tersebut untuk mengetahui tebal lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen. Sementara itu kandungan komposisi bisa dilihat pada table 4.10 dengan laju alir 20 cm³/min menunjukkan kandungan unsur C sebesar 17.417%, dan kandungan atom karbon sebesar 41.280% secara persentase.

3. Data hasil pengujian SEM EDX pada Baja AISI 4140 dengan laju alir 40 cm³/min



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian SEM-EDX dengan laju alir 40 cm³/menit
(Sumber : laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya , 2023)



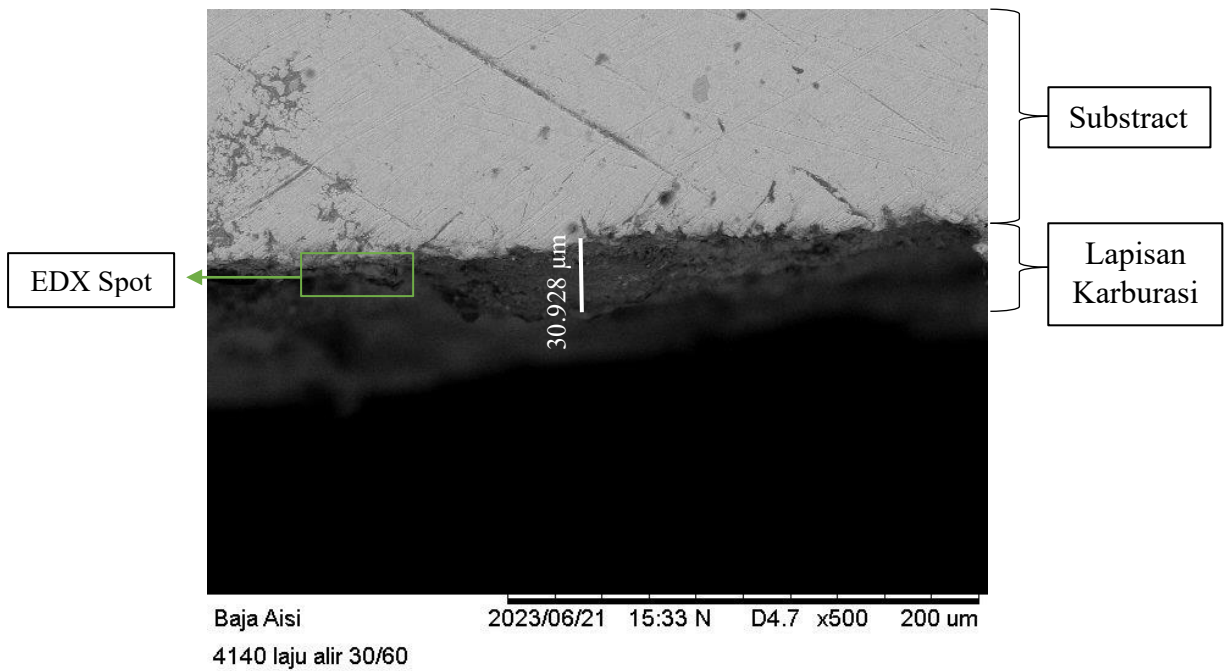
Gambar 4. 8 EDX Spot pada laju alir 40 cm³/min dengan perbesaran 40 μm
(Sumber : Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)

Tabel 4. 5 Tabel Kandungan komposisi Laju alir 40 cm³/min

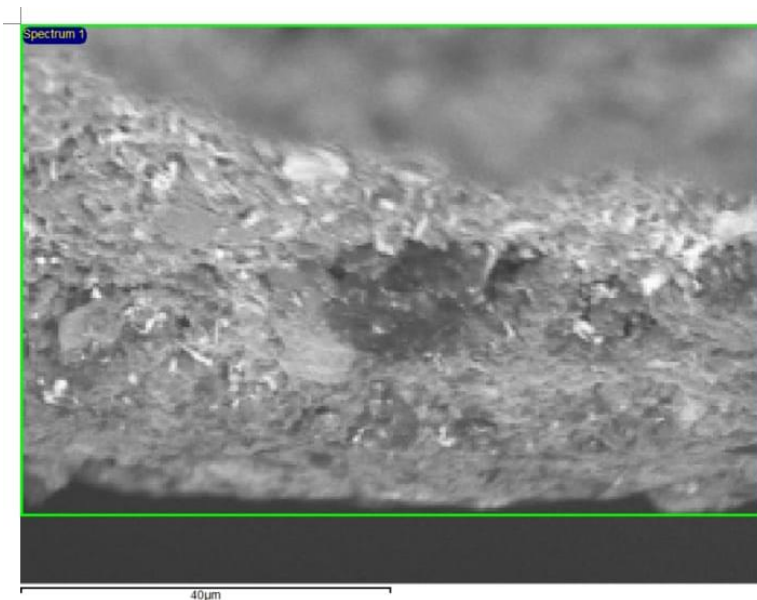
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	21.013	0.354	41.065
Oxygen	23.774	0.351	34.879
Aluminium	0.586	0.053	0.510
Silicon	1.243	0.054	1.039
Calcium	0.291	0.044	0.170
Chromium	0.593	0.068	0.268
Manganese	0.487	0.092	0.208
Iron	52.014	0.360	21.862

Pada gambar 4.7 menunjukkan hasil foto SEM pada permukaan sampel Baja AISI 4140 dengan laju alir 40 cm³/min, pada gambar tersebut menunjukkan ketebalan lapisan karbon sebesar 19.588 μm dengan skala perbesaran 500x, hal tersebut untuk mengetahui tebal lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen. Sementara itu untuk kandungan komposisi dapat dilihat pada tabel 4.11 dengan laju alir 40 cm³/min menunjukkan kandungan unsur C sebesar 21.013%, dan kandungan atom karbon sebesar 41.065% secara persentase.

4. Data hasil pengujian SEM EDX pada Baja AISI 4140 dengan laju alir 60 cm³/min



Gambar 4. 9 Hasil Pengujian SEM-EDX dengan laju alir 60 cm³/menit
(Sumber : laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)

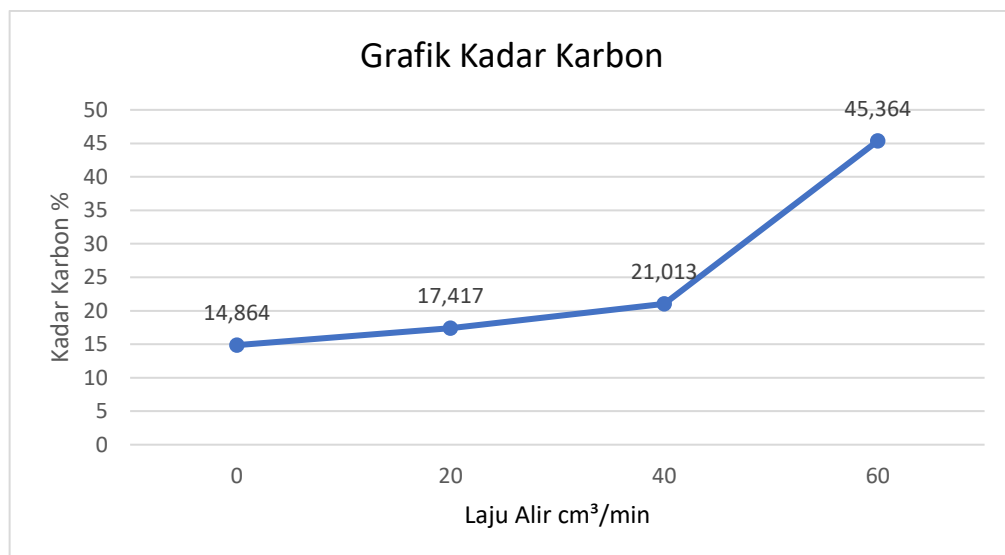


Gambar 4. 10 EDX Spot pada laju alir 60 cm³/min dengan perbesaran 40 μm
(Sumber : Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, 2023)

Tabel 4. 6 Tabel Kandungan komposisi Laju alir 60 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	45.364	0.337	65.214
Oxygen	21.569	0.363	23.279
Sodium	0.269	0.048	0.202
Aluminium	2.201	0.049	1.409
Silicon	1.219	0.041	0.749
Calcium	0.406	0.037	0.175
Titanium	0.193	0.045	0.070
Chromium	0.212	0.053	0.070
Iron	28.567	0.252	8.832

Pada gambar 4.9 menunjukkan hasil foto SEM pada permukaan sampel Baja AISI 4140 dengan laju alir 60 cm³/min, pada gambar tersebut menunjukkan ketebalan lapisan karbon sebesar 30.928 μm dengan skala perbesaran 500x, hal tersebut untuk mengetahui tebal lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen. Sementara itu pada tabel kandungan komposisi Baja AISI 4140 dengan laju alir 60 cm³/min menunjukkan kandungan unsur C sebesar 45.364%, dan kandungan atom karbon sebesar 65.214% secara persentase.



Gambar 4. 11 Grafik Kadar Karbon

Hasil data dari grafik pada kadar karbon, menunjukkan hasil SEM-EDX baja AISI 4140 setelah diberi perlakuan *surface hardening* berupa *carburizing*, pada unsur C mengalami kenaikan. Saat carburizing dengan media arang kelapa+limbah toner *fotocopy* nilai raw material dari unsur C yang terbentuk sebesar 14,864%, nilai pada laju alir 20 cm³/min yang terbentuk unsur C sebesar 17,417%, nilai pada laju alir 40 cm³/min yang terbentuk unsur C mencapai 21,013%, dan nilai pada laju alir 60 cm³/min yang terbentuk unsur C mencapai 45,364%. Peningkatan unsur karbon ini juga mempengaruhi ketebalan lapisan karbon yang dihasilkan, dimana laju alir 20 cm³/min memiliki ketebalan sebesar 13,918 μm, sedangkan pada laju alir 40 cm³/min memiliki ketebalan sebesar 19,588 μm, dan pada laju alir 60 cm³/min memiliki ketebalan sebesar 30,928 μm.