

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian kekerasan Permukaan

##### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan

Setelah dilakukan pengujian kekerasan di laboratorium Pengujian Bahan Material Teknik Mesin, pengujian SEM di laboratorium Sentral Mesin Universitas Brawijaya dan uji komposisi di laboratorium Biosains, Universitas Brawijaya didapatkan data kekerasan pada tiap spesimen (VHN) dan kandungan komposisi pada spesimen setelah perlakuan. Dari data tersebut dibuat suatu diagram perbandingan kekerasan permukaan dari 4 variasi yaitu spesimen awal tanpa perlakuan, *power input* 20 watt, *power input* 40 watt dan *power input* 60 watt. Sehingga didapatkan data perbandingan kekerasan permukaan dari masing-masing variasi. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :



Table 4.1 Data hasil pengujian kekerasan permukaan

No.	Perlakuan	Pengulangan	Titik Indentasi	D1 ( $\mu\text{m}$ )	D2 ( $\mu\text{m}$ )	D rata-rata ( $\mu\text{m}$ )	VHN
1	Tanpa Perlakuan	1	A	18.01	19.11	23.56	163.6
			B	15.84	16.94	23.84	159.9
			C	18.57	19.67	23.01	171.6
		2	A	18.51	19.97	23.32	167
			B	17.89	19.35	22.95	172.5
			C	17.21	18.67	22.76	175.3
		3	A	20.33	21.23	23.20	168.8
			B	20.46	21.36	23.26	167.9
			C	20.77	21.67	22.78	175
2	Power Input 20 watt	1	A	19.92	21.02	20.47	216.7
			B	19.86	20.96	20.41	218
			C	21.29	22.39	21.84	190.5
		2	A	18.51	19.97	19.24	245.5
			B	17.89	19.35	18.62	262
			C	17.21	18.67	17.94	282.3
		3	A	20.33	21.23	20.78	210.3
			B	20.46	21.36	20.91	207.8
			C	20.77	21.67	21.22	201.8
3	Power Input 40 watt	1	A	17.45	18.55	18.00	280.3
			B	17.20	18.30	17.75	288.2
			C	18.87	19.97	19.42	240.8
		2	A	19.13	20.59	19.86	230.4
			B	16.16	17.62	16.89	318.5
			C	17.79	19.25	18.52	265.0
		3	A	20.21	21.11	20.66	212.8
			B	19.41	20.31	19.86	230.4
			C	19.35	20.25	19.80	231.8
4	Power Input 60 watt	1	A	22.53	23.63	23.08	170.6
			B	20.30	21.40	20.85	209
			C	21.41	22.51	21.96	188.4
		2	A	21.91	23.37	22.64	177.2
			B	21.48	22.94	22.21	184.2
			C	21.60	23.06	22.33	182.2
		3	A	23.24	24.14	23.69	161.9
			B	22.50	23.40	22.95	172.5
			C	23.06	23.96	23.51	164.4

Keterangan :

D1 = diagonal indentor 1

- D2 = diagonal indenter 2  
 D rata-rata = diagonal rata-rata indenter 1 dan indenter 2  
 VHN = nilai kekerasan permukaan

$$\text{VHN} = \frac{2 \cdot F}{d^2} \sin \frac{\theta}{2} = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

Keterangan :

- F = beban yang diterapkan, kg  
 d = panjang diagonal rata-rata, mm  
 $\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berlawanan =  $136^\circ$

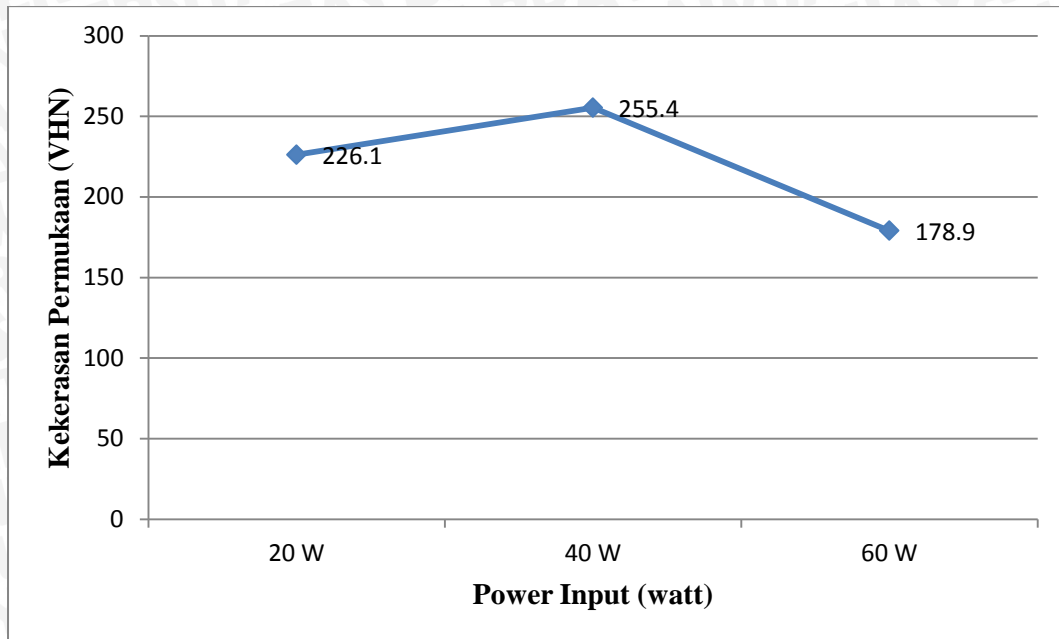
Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan permukaan rata-rata

No	Perlakuan	Pengulangan	VHN rata-rata per spesimen	VHN rata-rata per variasi
1	Tanpa Perlakuan	A	165	169.1
		B	171.6	
		C	170.6	
2	Power Input 20 watt	A	208.4	226.1
		B	263.3	
		C	206.6	
3	Power Input 40 watt	A	269.8	255.4
		B	271.3	
		C	225	
4	Power Input 60 watt	A	189.3	178.9
		B	181.2	
		C	166.3	

#### 4.1.2 Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan dan Struktur Mikro Spesimen

Di gambar 4.1 di bawah ini akan dijelaskan grafik antara ketiga variasi yaitu *power input* 20 watt, *power input* 40 watt dan *power input* 60 watt dengan nilai rata-rata kekerasan permukaan pada aluminium alloy 6061.



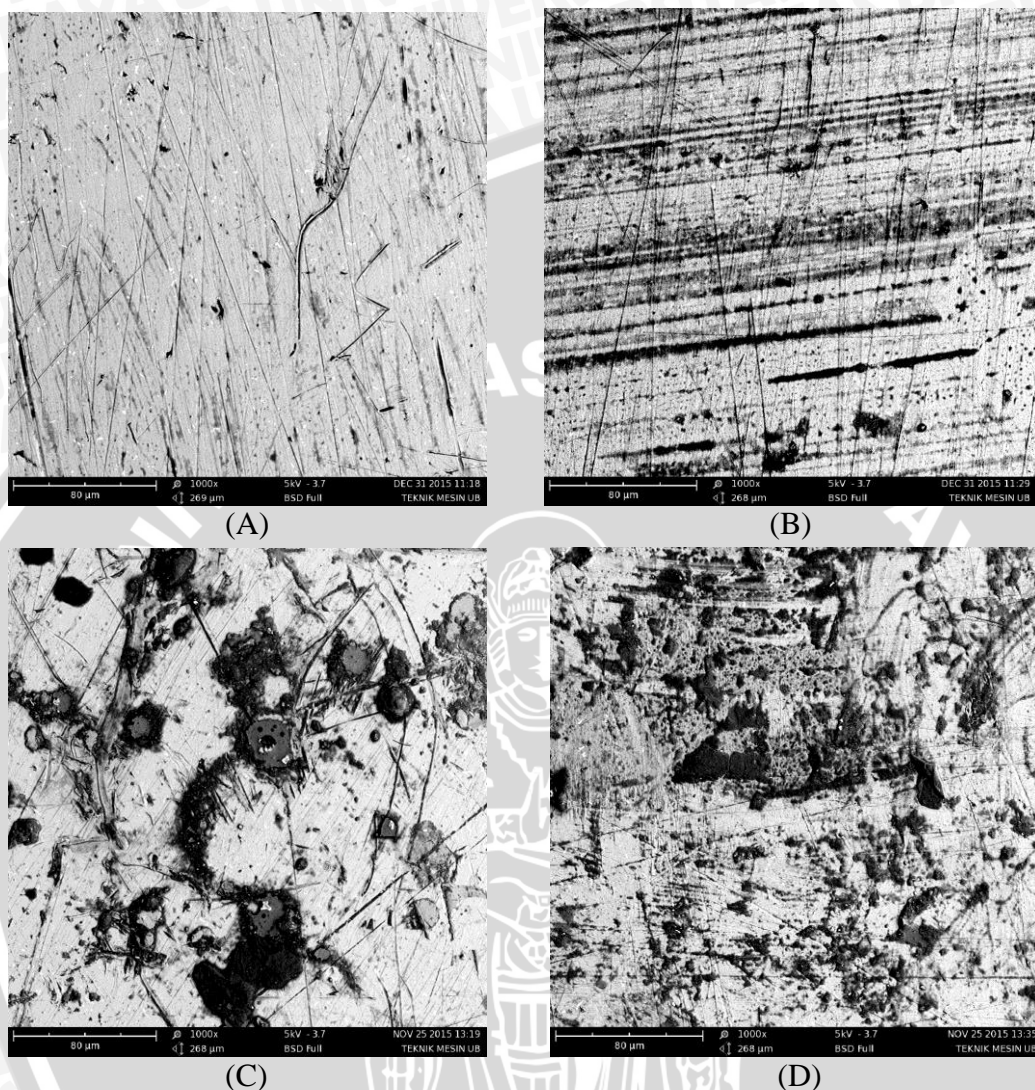


Gambar 4.1 Grafik pengaruh *power input* plasma nitriding terhadap kekerasan permukaan Al 6061

Dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan kecenderungan naik, semakin besar daya *power input* maka kekerasan permukaan spesimen semakin meningkat. Dapat dilihat pada tabel 4.2, spesimen tanpa perlakuan memiliki nilai kekerasan permukaan sebesar 169,1 VHN. Nilai ini merupakan nilai terkecil dibandingkan dengan yang lainnya yaitu spesimen dengan variasi 20 watt memiliki kekerasan permukaan sebesar 226,1 VHN, lalu spesimen dengan variasi 40 watt memiliki nilai kekerasan yang paling besar yaitu 255,4 VH dan kemudian menurun pada spesimen dengan variasi 60 watt yang memiliki nilai kekerasan permukaan 178,9 VHN.

Perbedaan nilai kekerasan yang signifikan terlihat antara spesimen tanpa perlakuan dengan spesimen setelah perlakuan *plasma nitriding*, hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu spesimen tanpa perlakuan memiliki struktur butiran FCC yang memiliki ruang kosong diantara atom-atomnya, sementara itu spesimen lain yang telah melalui proses plasma nitriding dengan masing-masing variasi *power input* 20 watt, 40 watt dan 60 watt dengan temperatur 150 °C dan tekanan *chamber* 200 mTorr sudah didifusi oleh unsur nitrogen menyebabkan masuknya ion nitrogen di celah unsur aluminium itu sendiri dan membentuk lapisan sehingga memperkuat nilai permukaan pada spesimen. Spesimen awal tanpa perlakuan memiliki kandungan unsur aluminium sebesar 97,47 %. Jika dilihat dari gambar permukaan spesimen tanpa perlakuan terlihat lebih lebih cerah dan sedikit warna yg muncul

dibandingkan dengan spesimen dengan perlakuan *power input* 20 watt, 40 watt dan 60 watt yang memiliki lebih banyak bercak hitam pada permukannya.



Gambar 4.2 (A) Spesimen tanpa Perlakuan ; (B) Spesimen dengan Variasi *Power Input* 20 watt ; (C) Spesimen dengan Variasi *Power Input* 40 watt ; (D) Spesimen dengan variasi *power Input* 60 watt. Semua perbesaran 1000x.

Tabel 4.3 Prosentase kandungan unsur paduan spesimen awal

Unsur	Prosentase
Al	97,47 %
Mg	1,01 %
Si	0,88 %
Fe	0,22 %
Cu	0,21 %



Pada spesimen dengan perlakuan *power input* 60 watt mempunyai nilai kekerasan sebesar 178,9 VHN dan nilai ini mengalami penurunan dikarenakan *power input* berbanding lurus tegangan atau beda potensial dan arus listrik, sehingga kenaikan *power input* diiringi dengan kenaikan beda potensial antara ujung-ujung penghantar (anoda dan katoda) dan arus yang mengalir sehingga mengakibatkan timbulnya banyak warna bercak hitam seperti hangus. Bercak ini dapat menghambat dan menghalangi proses difusi ion nitrogen ke permukaan material dan bisa dilihat pada gambar 4.2 (D) hasil foto SEM variasi *power input* 60 watt yang menunjukkan adanya bercak hitam yang semakin banyak dan merata. Dari tabel 4.4 juga diketahui bahwa unsur nitrogen hanya mampu berdifusi sebesar 0,907 % ke dalam spesimen, sedangkan unsur oksigen berdifusi lebih besar ke dalam spesimen dengan prosentase 3,943%. Hal inilah yang menyebabkan nilai kekerasan permukaan pada spesimen dengan variasi 60 watt menurun secara drastis. Pada gambar 4.4 spesimen dengan variasi *power input* 60 watt memiliki bekas titik indentasi dengan ukuran diagonal indentasi yang besar menunjukkan bahwa tingkatan kekerasan permukaan spesimen yang rendah, hal ini sesuai dengan rumus yaitu semakin besarnya diagonal indentasi menyebabkan kekerasan permukaan semakin menurun.

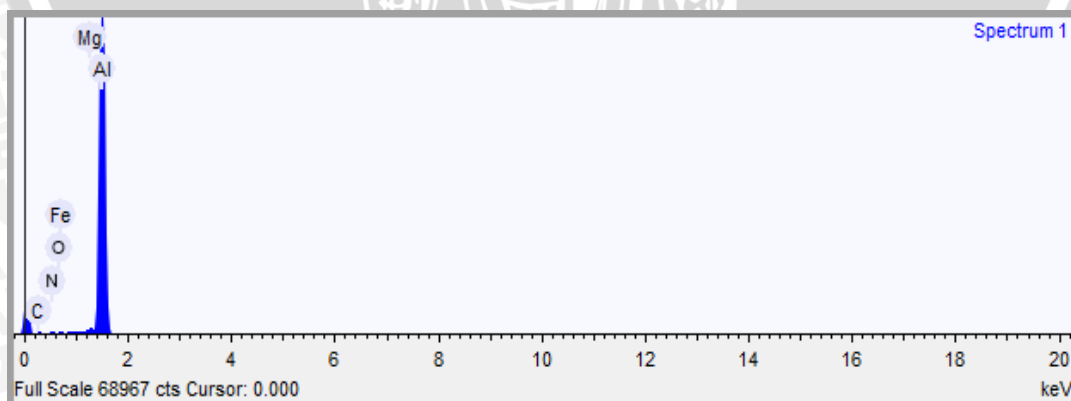


Gambar 4.3 Bekas Titik Indentasi dengan *Power Input* 60 watt (perbesaran 3000x)

Tabel 4.4 Prosentase kandungan unsur pada spesimen *power input* 40 watt

Unsur	Prosentase
N <sub>2</sub>	0,907 %
O <sub>2</sub>	3,943 %
Mg	0,818 %
Al	76,869 %
Si	0,465 %
Fe	0,344 %
Cr	15,710 %
Ag	0,943 %

Dari seluruh data yang diperoleh, hasil penelitian tidak sesuai dengan hipotesis yang dibuat. Pada awalnya setelah melalui proses *plasma nitriding* dengan penambahan besar *power input* membuat nilai kekerasan permukaan spesimen aluminium *alloy* 6061 semakin meningkat sampai titik tertentu, namun jika penambahan *power input* melebihi titik tersebut kekerasan permukaan spesimen akan semakin menurun. Hal ini bisa disebabkan oleh jenis difusi yang terjadi adalah difusi substitusi, bukan difusi intersisi dikarenakan *power input* yang besar mengakibatkan tegangan yang besar pula. Terbukti dengan berkurangnya prosentase aluminium pada spesimen tanpa perlakuan (spesimen awal) yaitu sebesar 97,47% dan spesimen dengan perlakuan *power input* 40 watt kandungan aluminium berkurang menjadi 76,869 %.

Gambar 4.4 Spektrum dengan *Power Input* 40 watt

Dari gambar 4.5 dapat kita amati bahwa unsur Oksigen, Nitrogen, Besi, dan Karbon memiliki energi kulit atom yang rendah. Sehingga gelombang spectrum



dari unsur-unsur tersebut memiliki gelombang yang rendah pula. Unsur Aluminium dan magnesium memiliki energi kulit atom yang tinggi. Oleh karena itu aluminium dan magnesium memiliki gelombang yang tinggi dan aluminiumlah yang paling banyak persentasinya dalam spesimen dengan perlakuan dengan variasi *power input* 40 watt ini.

