

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi Bahan Penelitian

Berbagai jenis macam baja ditentukan berdasarkan atas unsur karbon yang terkandung dalam suatu material tersebut. Begitu juga dengan pengklasifikasian baja paduan (*Alloy Steels*) didasarkan pada unsur-unsur yang terkandung didalamnya namun selain karbon, kandungan yang lainnya juga perlu dicermati. Tabel 4.1 menunjukkan hasil dari pengujian komposisi material uji yang akan digunakan pada penelitian, dan termasuk dalam baja AISI 3115 yaitu baja paduan rendah.

Baja AISI 3115 banyak dipergunakan dalam dunia otomotif, konstruksi dan industri seperti pada pembuatan poros engkol, tuas transmisi, engsel, dll. Spesifikasi baja paduan menurut unsur-unsur yang terkandung didalamnya dapat dilihat di tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Kimia

No	Nama Unsur	Simbol	Prosen Berat (%)
1.	Iron	Fe	95,778
2.	Carbon	C	0,166
3.	Silicon	Si	0,258
4.	Manganase	Mn	0,486
5.	Phosphorus	P	0,018
6.	Sulphur	S	0,007
7.	Chromium	Cr	1,514
8.	Nickel	Ni	1,481
9.	Molybdenum	Mo	0,019
10.	Copper	Cu	0,271
11.	Vanadium	V	0,002

Berdasarkan hasil uji komposisi yang dilaksanakan di PT. Barata Indonesia, baja yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam baja AISI 3115.

4.2 ANALISIS HASIL PENGUJIAN KETEBALAN LAPISAN KARBON

4.2.1 Pengujian Kekerasan Spesimen

Pada pengujian kekerasan ini menggunakan metode *micro vickers hardness*. Dalam pengujian, spesimen diuji tiga puluh buah spesimen terdiri dari tiga spesimen masing-masing di *hardening* dengan *quenching* di air dan *quenching* di oli SAE 20 serta duapuluh empat spesimen yang telah diproses *pack carburizing* dengan berbagai variasi ukuran *carburizer*. Untuk melihat ketebalan difusi karbon dengan pengujian kekerasan ini, pengujian dengan cara mengukur kekerasan spesimen dari lapisan luar /tepi spesimen hingga jarak $\pm 1950 \mu\text{m}$, dengan asumsi pada jarak $1950 \mu\text{m}$ karbon akan berhenti terdifusi (Lakthin, 264). Ketika nilai kekerasan spesimen yang di proses *pack carburizing* menyamai nilai kekerasan spesimen yang di *hardening*, maka pada titik itulah difusi karbon berhenti. Ketebalan difusi karbon dapat dilihat dari pertemuan nilai kekerasan yang sama pada kedua spesimen. Pada table 4.2 menunjukkan jumlah spesimen yang akan digunakan dalam penelitian.

Tabel 4.2 : Jumlah Spesimen dalam penelitian

NO	UKURAN CARBURIZER	QUENCHING AIR	QUENCHING OLI SAE 20
1	RAW MATERIAL yang di HARDENING	3	3
2	MESH 560-500 μm	3	3
4	MESH 280-250 μm	3	3
5	MEH 125-100 μm	3	3
6	MESH 90-60 μm	3	3
TOTAL		30 SPESIMEN	

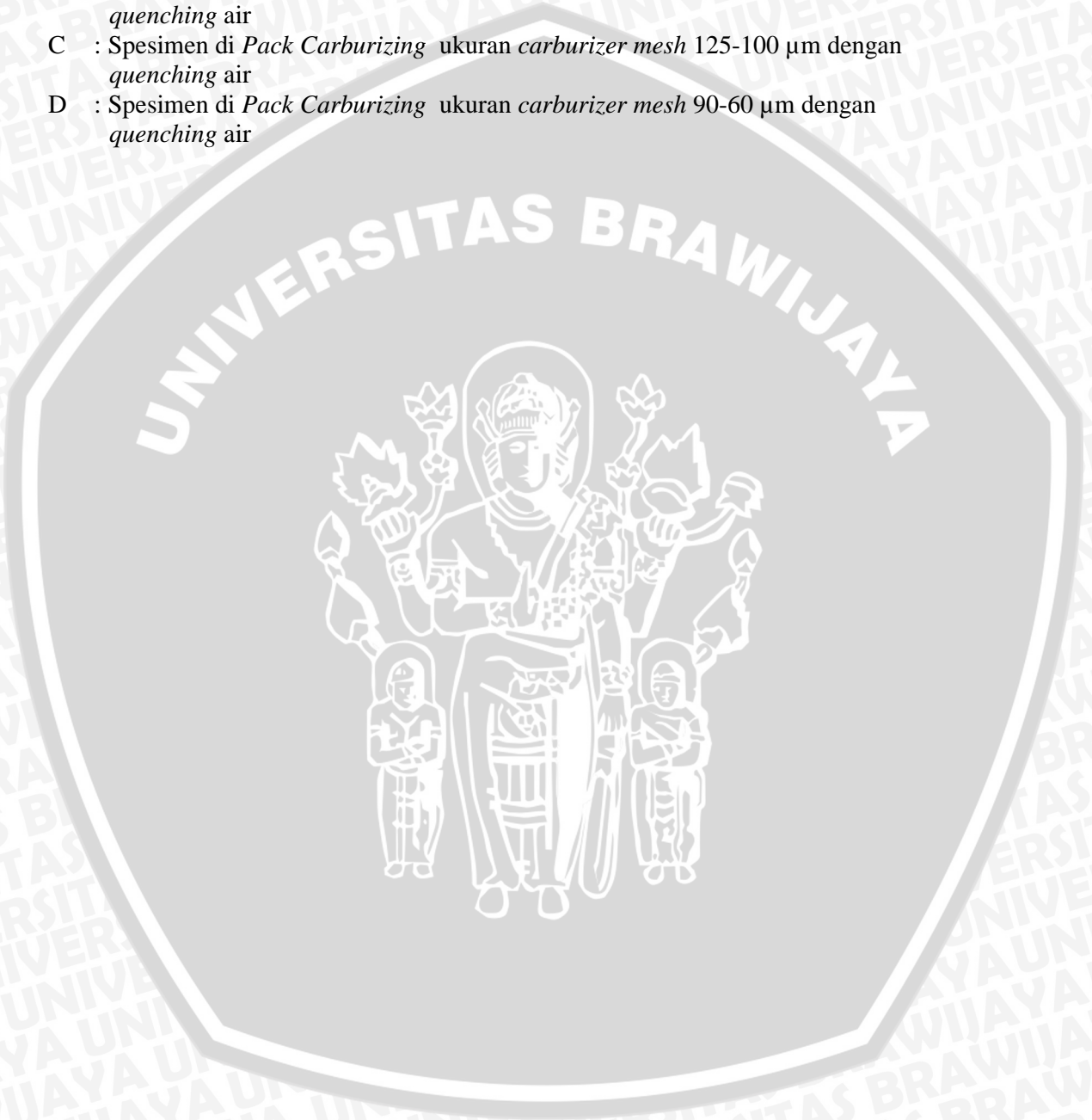
Setiap spesimen dikenai 10 titik injakan. Data hasil pengujian kekerasan bisa dilihat dari table 4.3 dan table 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan setelah dilakukan *Pack Carburizing* dengan *quenching* air.

Jarak (µm)	A		B		C		D		<i>Hardening Quenchig</i> di Air	
	Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)	
	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata
50	590	594	605	603	602	608	628	625	399	399
	598		597		610		623		397	
	593		607		612		624		401	
250	552	554	580	582	588	588	610	610	400	401
	551		583		587		611		400	
	558		583		588		608		403	
450	501	499	527	530	533	531	548	545	401	400
	499		532		531		540		400	
	497		531		530		548		399	
650	441	444	503	503	508	506	510	507	400	400
	442		504		504		508		401	
	449		502		506		504		399	
850	402	401	470	467	481	479	500	504	401	400
	401		463		479		509		399	
	399		468		478		502		399	
1050	399	400	411	410	415	415	472	474	400	401
	398		409		414		471		400	
	403		411		415		478		403	
1250	399	400	401	400	401	400	439	439	400	400
	400		400		399		438		400	
	401		399		400		439		399	
1450	400	400	400	400	399	399	411	410	400	399
	400		401		398		408		401	
	401		398		399		410		397	
1650	402	400	398	399	401	400	399	401	401	400
	401		398		400		403		400	
	398		401		400		402		400	
1850	399	400	401	400	398	400	399	401	400	400
	400		402		402		402		403	
	400		398		400		403		397	

Keterangan :

- A : Spesimen di *Pack Carburizing* pada ukuran *carburizer mesh* 560-500 μm dengan *quenching* air.
- B : Spesimen di *Pack Carburizing* ukuran *carburizer mesh* 280-250 μm dengan *quenching* air
- C : Spesimen di *Pack Carburizing* ukuran *carburizer mesh* 125-100 μm dengan *quenching* air
- D : Spesimen di *Pack Carburizing* ukuran *carburizer mesh* 90-60 μm dengan *quenching* air



Tabel 4.4 Hasil pengujian kekerasan setelah dilakukan *Pack Carburizing* dengan *quenching* oli SAE 20

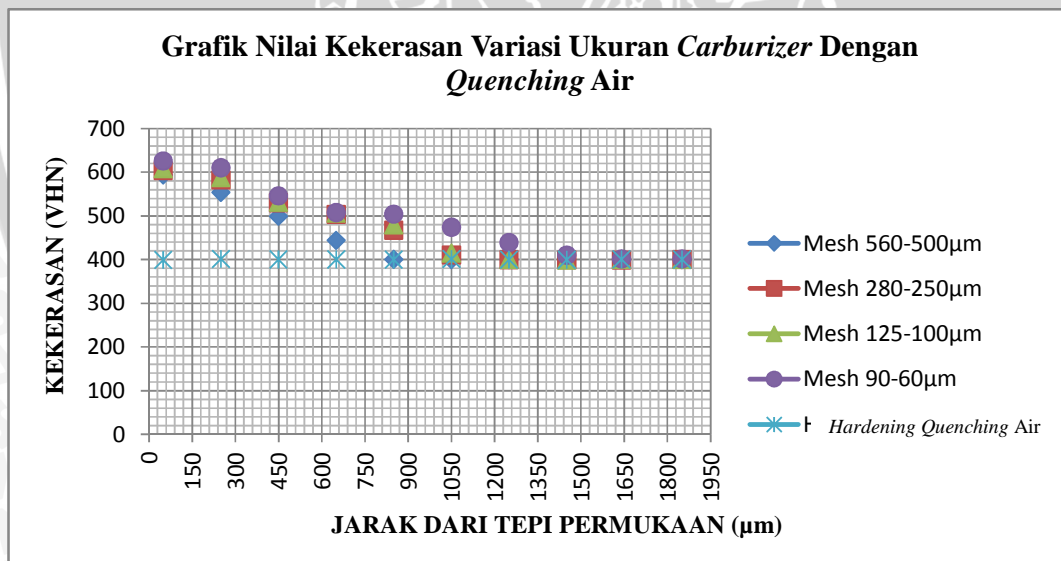
Jarak (μm)	E		F		G		H		Hardening Quenching di Oli	
	Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)		Kekerasan (HV)	
	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata	Data	Rata-Rata
50	437	437	474	475	505	505	547	548	323	323
	436		476		505		549		324	
	437		474		504		549		323	
250	408	408	442	443	452	453	521	520	323	323
	410		443		453		519		321	
	406		443		453		519		324	
450	324	323	410	409	421	420	487	487	323	323
	323		408		420		487		323	
	323		409		420		488		322	
650	321	322	324	323	386	386	440	441	321	323
	324		324		384		442		324	
	322		321		387		440		323	
850	323	323	323	323	326	326	411	410	322	323
	323		321		325		409		323	
	323		324		326		411		323	
1050	323	323	323	323	323	323	389	389	323	323
	324		324		323		389		323	
	322		321		324		388		323	
1250	321	323	324	323	323	322	325	323	324	323
	324		321		323		321		323	
	323		323		321		323		322	
1450	323	322	323	322	323	322	323	323	323	323
	321		323		323		324		323	
	323		321		321		323		323	
1650	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
	321		324		324		323		322	
	324		323		321		324		323	
1850	321	323	323	323	323	323	321	322	323	322
	323		324		323		323		321	
	324		321		322		322		321	

Keterangan

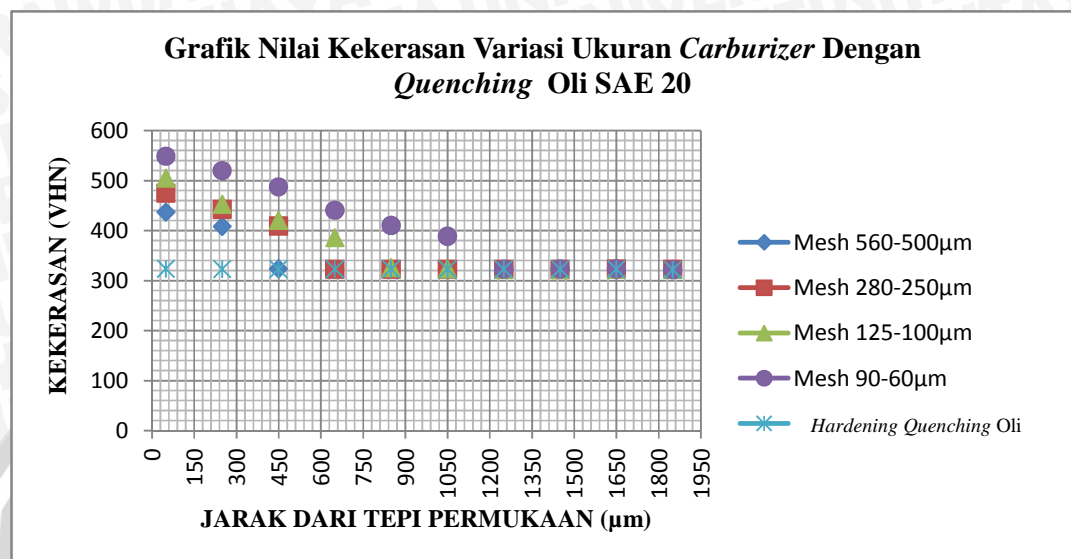
- E : Spesimen di *Pack Carburizing* pada ukuran *carburizer mesh* 560-500 μm dengan *quenching* Oli SAE 20.
- F : Spesimen di *Pack Carburizing* pada ukuran *carburizer mesh* 280-250 μm dengan *quenching* Oli SAE 20.
- G : Spesimen di *Pack Carburizing* pada ukuran *carburizer mesh* 125-100 μm dengan *quenching* Oli SAE 20.
- H : Spesimen di *Pack Carburizing* pada ukuran *carburizer mesh* 90-60 μm dengan *quenching* Oli SAE 20.

Untuk memudahkan dalam menganalisa maka salah satu cara yang ditempuh adalah dengan menyajikan data dalam bentuk grafik. Dari data yang didapat, maka dapat dibuat grafik nilai kekerasan dari berbagai ukuran *carburizer* dengan perbandingan nilai kekerasan terhadap spesimen *raw material* yang telah di *hardening* dengan *quenching* air dan oli SAE 20 yang dapat digambarkan dengan grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.

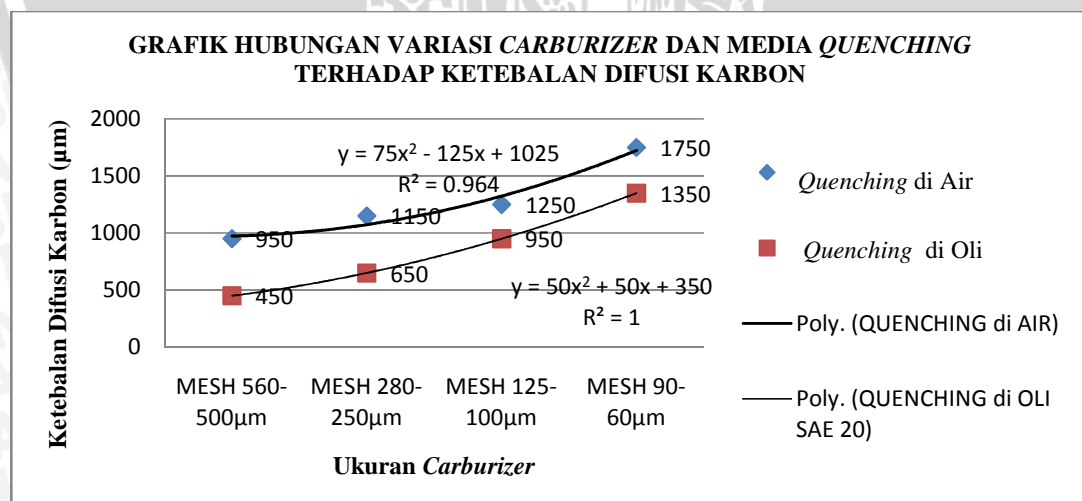
Gambar 4.1. Grafik Nilai Kekerasan Variasi Ukuran Carburizer Dengan Quenching Air



Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan Variasi Ukuran *Carburizer* Dengan *Quenching* Oli SAE 20



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Variasi *Carburizer* Dan Media *Quenching* Terhadap Ketebalan Difusi Karbon



4.2.2 Analisa Grafik

Dari grafik nilai kekerasan variasi ukuran *carburizer* dengan media *quenching* air dan oli SAE 20, dapat diketahui perbedaan hasil ketebalan difusi karbon proses *pack carburizing*. Penambahan kadar karbon/karbonisasi menggunakan variasi ukuran *carburizer* memberikan efek terhadap ketebalan difusi karbon hasil proses *pack carburizing*.

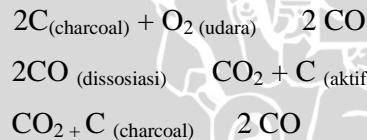
Pada gambar 4.3 grafik hubungan berbagai variasi ukuran *carburizer* dengan media *quenching* air, menunjukkan semakin kecil ukuran *carburizer* maka semakin tebal difusi karbon yang masuk. Hal ini dibuktikan dengan spesimen yang telah mengalami proses *pack carburizing* menggunakan variasi ukuran *carburizer* dengan *mesh* 560-500 μm , 280-250 μm , 125-100 μm , 90-60 μm menunjukkan hasil sebagai berikut :

$$\text{Mesh } 560-500 \mu\text{m} < 280-250 \mu\text{m} < 125-100 \mu\text{m} < 90-60 \mu\text{m}$$

Selama pemanasan di dalam kotak *carburizing* terjadi dua macam gas yaitu:

- Gas karbondioksida (CO_2)
- Gas karbonmonoksida (CO)

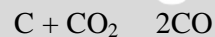
Proses ini ditunjukkan oleh persamaan berikut :



Selain itu *energizer* yang ditambahkan akan membantu menghasilkan karbon dioksida yang lebih banyak dan sehingga karbon akan lebih aktif.



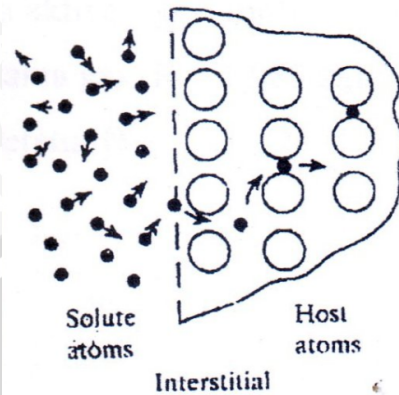
Akibat semakin tingginya temperatur pemanasan maka CO akan lebih banyak terbentuk dari pada CO_2 Sehingga akan terjadi reaksi kimia sebagai berikut (Palallo,1995)



Pada suhu pengarbonan reaksi ini selalu berlangsung kekanan. Karbon monoksida bebas bereaksi dengan besi, kondisi ini seperti pada reaksi dibawah ini:



Setelah reaksi ini karbon akan berdifusi dan secara perlahan-lahan pada suhu *carburizing* akan menuju kebagian tengah.



Gambar 4.4. Mekanisme terjadinya difusi
Sumber : Budinski, (1983 : 279).

Spesimen dengan *mesh* 90-60 μm mempunyai nilai ketebalan lapisan difusi karbon paling tinggi sebesar 1750 μm , sedangkan *mesh* 125-100 μm sebesar 1250 μm , *mesh* 280-250 μm sebesar 1150 μm , dan *mesh* 560-500 μm sebesar 950 μm . Hal ini disebabkan oleh faktor luas permukaan bidang kontak serbuk dengan benda uji, dimana semakin kecil ukuran *carburizer* menyebabkan bidang kontak semakin besar serta difusifitas semakin tinggi (mujiono,2005). Selain itu ketika pada proses pemanasan, karbon(solid) dengan ukuran serbuk yang kecil akan lebih banyak ter-disosiasi menjadi karbon aktif (gas) yang nantinya akan menghasilkan gas karbon monoksida (CO) . Ketika elemen difusi (gas CO) mengalami kontak dengan permukaan matrik (Fe), maka akan membentuk ikatan kimia (Lakhtin, 1965).

Ketika pada proses penetrasi, atom karbon yang kecil ($r = 0,07 \text{ nm}$) akan menduduki letak intertisi di antara atom besi FCC dan lebih mudah bergerak diantara atom besi menuju letak intertisi dan menghasilkan difusivitas yang tinggi. Oleh karena itu ukuran *carburizer* dengan *mesh* yang paling kecil mempunyai nilai ketebalan difusi karbon yang besar sesuai dengan tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5: Tabel Hasil Ketebalan Difusi Karbon Berbagai Ukuran *Carburizer*

NO	UKURAN <i>CARBURIZER</i>	NILAI KETEBALAN DIFUSI KARBON (μm)	
		<i>QUENCHING</i> AIR	<i>QUENCHING</i> OLI SAE 20
1	<i>MESH 560-500 μm</i>	950	450
2	<i>MESH 280-250 μm</i>	1150	650
3	<i>MESH 125-100 μm</i>	1250	950
4	<i>MESH 90-60 μm</i>	1750	1350

Pada ukuran *carburizer* menggunakan *mesh 90-60 μm* *quenching* air memiliki ketebalan difusi karbon yang lebih tinggi dibandingkan *quenching* oli SAE 20. Pada grafik hubungan berbagai variasi *carburizer* menggunakan media *quenching* oli SAE 20 menunjukkan nilai ukuran *carburizer* yang paling kecil mempunyai ketebalan difusi karbon yang paling tinggi, tetapi nilai ketebalan difusi karbonnya lebih rendah daripada air. Hal ini dikarenakan pada *quenching* air mempunyai kecepatan pendinginan yang tinggi daripada oli dan menyebabkan proses pelepasan panas pada spesimen berlangsung secara cepat yang mengakibatkan ketebalan difusi karbon meningkat (Schanmentz, 1985).

4.2.3 Pengujian Komposisi Kimia

Setelah mengalami proses *pack carburizing*, kadar karbon dalam spesimen menjadi bertambah. Adapun hasil dari pengujian komposisi kimia spesimen dengan variasi ukuran *carburizer* ditunjukkan pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 : Tabel Hasil Prosentase Kadar Karbon Proses *Pack Carburizing*

NO	UKURAN CARBURIZER	Penambahan Kadar Kabon (%C)	
		QUENCHING AIR	QUENCHING OLI SAE 20
1	<i>MESH 560-500 μm</i>	0,885	0,692
2	<i>MESH 280-250 μm</i>	0,990	0,937
3	<i>MESH 125-100 μm</i>	1,069	1,034
4	<i>MESH 90-60 μm</i>	1,131	1,103

Pada ukuran *carburizer dengan mesh 90-60 μm* mengalami penambahan kadar karbon yang tinggi, hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah atom karbon (C) terdifusi. Pengujian ini menguatkan hasil dari pengujian kekerasan yang dilakukan dimana ukuran *carburizer dengan mesh* yang kecil mempunyai ketebalan difusi karbon tinggi.