

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil dari pengujian kekuatan mekanik yang meliputi uji tarik, uji kekerasan dan uji keausan pada hasil *carburizing* dengan variasi persentase arang batok kelapa dan barium karbonat (50% arang batok kelapa : 50% barium karbonat, 75% arang batok kelapa : 25% barium karbonat, dan 100% arang batok kelapa : 0% barium karbonat) dianalisa. Hasil analisa ini bertujuan untuk mengkomparasi hasil uji mekanik dengan perhitungan secara teori. Selain itu, analisa ini juga untuk mengetahui hasil terbaik dari variasi proses persentase arang batok kelapa dan barium karbonat yang dilakukan.

1. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Lab. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada pada hari Minggu, 29 Januari 2023. Pengujian ini menggunakan *Universal Testing Machine* standart spesimen ASTM D638. Dilakukan tiga kali percobaan pada setiap variasi persentase arang batok kelapa dan barium karbonat. Hasil uji tarik dipaparkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

No.	Variasi Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	A ₀ (mm ²) A = T x L	P _{max} (kN)	P _{max} (N)	Tegangan (MPa)
1	Raw Material	5,93	12,85	76,20	34,54	34540	453,28
2		9,96	50	77,87	40,84	40840	524,22
3		10,23	50	82,15	49,00	49000	585,28
Rata - Rata		8,71	37,62	78,74	41,46	41460	521,10
4	Persentase Arang 50% : Barium 50%	5,90	12,67	74,75	39,86	39860	533,22
5		6,20	12,70	78,74	50,24	50240	638,05
6		6,10	12,57	76,68	50,72	50720	661,48
Rata - Rata		6,07	12,65	76,72	46,94	46940	610,92
7	Persentase Arang 75% : Barium 25%	5,94	12,33	73,24	46,66	46660	637,08
8		6,03	12,80	77,18	48,30	48300	625,78
9		5,97	12,31	73,49	44,28	44280	602,53
Rata - Rata		5,98	12,48	74,64	46,41	46413	621,79
10	Persentase Arang 100% : Barium 0%	6,08	12,34	75,03	39,14	39140	521,68
11		5,92	13,05	77,26	51,53	51530	667,00
12		5,92	12,87	76,19	44,57	44570	584,98
Rata - Rata		5,97	12,75	76,16	45,08	45080	591,22

Adapun rumus perhitungan kekuatan tarik dan regangan sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan tarik dirumuskan sebagai } \sigma = \frac{P_{max}}{A_0} \dots\dots\dots (4.1)$$

Perhitungan kekuatan tarik material baja ST 41 variasi arang batok kelapa 50% banding barium karbonat 50% spesimen 1 secara manual sesuai dengan rumus adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\ &= \frac{39860}{74,75} = 533,22 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Hasil uji tarik di atas menunjukkan bahwa penambahan karbon menggunakan arang batok kelapa dan barium karbonat meningkatkan kuat tarik baja ST41 dengan cara karburisasi. Tegangan tarik tertinggi terjadi pada baja ST41 dengan variasi

persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat. Tegangan tarik rata-rata baja ST41 *raw* material sebesar 521,10 MPa, variasi persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat sebesar 610,9 MPa, persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat sebesar 621,8 MPa dan persentase 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar 591,2 MPa.

2. Hasil Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan di UPTD Lab. Perindustrian Kab. Tegal pada hari Kamis, 26 Januari 2023. Pengujian ini menggunakan mesin Affri 206 RT standar spesimen JIS Z 2243. Dilakukan tiga kali percobaan dengan variasi persentase arang batok kelapa dan barium Karbonat.. Hasil uji tarik dipaparkan pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan

No	Variasi Spesimen	Hasil Uji					HB
		Daerah Uji	D (mm)	d (mm)	F (N)	Nilai Kekerasan	
1	Raw Material	Titik 1	2,5	1,15	1840	170 HB	170
2		Titik 2	2,5	1,15	1840	170 HB	170
3		Titik 3	2,5	1,16	1840	167 HB	167
Rata - Rata			2,5	1,16	1840	169 HB	169
4	Persentase 50% Arang : 50% Barium	Titik 1	2,5	0,65	1471	20 HRC	223
5		Titik 2	2,5	0,66	1471	17 HRC	208
6		Titik 3	2,5	0,67	1471	19 HRC	216
Rata - Rata			2,5	0,66	1471	18,67 HRC	215,67
7	Persentase 75% Arang : 25% Barium	Titik 1	2,5	0,71	1471	11 HRC	183
8		Titik 2	2,5	0,71	1471	11 HRC	183
9		Titik 3	2,5	0,72	1471	10 HRC	180
Rata - Rata			2,5	0,72	1471	10,67 HRC	182
10	Persentase 100% Arang : 0% Barium	Titik 1	2,5	0,74	1471	8 HRC	170
11		Titik 2	2,5	0,74	1471	7 HRC	170
12		Titik 3	2,5	0,73	1471	9 HRC	175
Rata - Rata			2,5	0,74	1471	8 HRC	171,67

Adapun rumus perhitungan kekerasan sebagai berikut:

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(4.2)$$

Dari data hasil uji kekerasan, penambahan karbon yang ditambahkan dapat dihitung secara manual sesuai dengan rumus kekerasan baja mentah ST 41 raw material. Namun, kami akan menggunakan rumus dan data yang diperoleh setelah pengujian untuk menentukan diameter tanda/lekukan yang terlihat. Berikut perhitungannya :

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$170 = \frac{2 \times 187,6}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$170 = \frac{375,2}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$170 \times 7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2}) = 375,2$$

$$1.334,5 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2}) = 375,2$$

$$(2,5 - \sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{375,2}{1.334,5}$$

$$(2,5 - \sqrt{6,25 - d^2}) = 0,2812$$

$$2,5 - 0,2812 = \sqrt{6,25 - d^2}$$

$$2,2188^2 = \sqrt{6,25 - d^2}$$

$$4,9233 = \sqrt{6,25 - d^2}$$

$$d^2 = 6,25 - 4,9233$$

$$d = \sqrt{1,3267}$$

$$d = 1,15 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,6}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,15^2})} \\ &= \frac{375,2}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,33})} \\ &= \frac{375,2}{7,85 (2,5 - \sqrt{4,92})} \\ &= \frac{375,2}{7,85 (2,5 - 2,22)} \\ &= \frac{375,2}{2,21} \\ &= 170 \text{ HB} \end{aligned}$$

Arang batok kelapa dan barium karbonat dapat meningkatkan kekerasan material. Persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat

merupakan variasi penambahan karbon yang dapat meningkatkan kekerasan material paling tinggi. Rata-rata uji Kekerasan baja ST41 *raw material* sebesar 169 HB, hasil *carburizing* dengan variasi persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat sebesar 215,67 HB, persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat sebesar 182 HB dan persentase 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar 171,67 HB.

3. Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan di Lab. Teknik Mesin Universitas Gajah Mada pada hari Senin, 30 Januari 2023. Dilakukan tiga kali percobaan pada setiap variasi persentase arang batok kelapa dan barium karbonat. Hasil uji keausan ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Keausan

Variasi Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³) $W = B.b^3/12.r$	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m) $Ws = 1,5.W/ P.L_o$	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
Raw	1	3,45	13,6	0,88	0,01441	0,00023	0,00021
	2	3,45	13,6	0,85	0,01314	0,00021	
	3	3,45	13,6	0,85	0,01314	0,00021	
A50B50_1	1	3,45	13,6	0,75	0,00880	0,00014	0,00014
	2	3,45	13,6	0,69	0,00705	0,00011	
	3	3,45	13,6	0,75	0,00880	0,00014	
A50B50_2	1	3,45	13,6	0,75	0,00880	0,00014	
	2	3,45	13,6	0,77	0,00978	0,00015	
	3	3,45	13,6	0,75	0,00880	0,00014	
A50B50_3	1	3,45	13,6	0,75	0,00880	0,00014	
	2	3,45	13,6	0,75	0,00880	0,00014	
	3	3,45	13,6	0,72	0,00789	0,00012	
A75B25_1	1	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	0,00009
	2	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
	3	3,45	13,6	0,69	0,00705	0,00011	
A75B25_2	1	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
	2	3,45	13,6	0,61	0,00488	0,00008	
	3	3,45	13,6	0,59	0,00427	0,00007	
A75B25_3	1	3,45	13,6	0,61	0,00488	0,00008	
	2	3,45	13,6	0,61	0,00488	0,00008	
	3	3,45	13,6	0,64	0,00554	0,00009	
A100_1	1	3,45	13,6	0,53	0,00321	0,00005	0,00009
	2	3,45	13,6	0,61	0,00488	0,00008	
	3	3,45	13,6	0,59	0,00427	0,00007	
A100_2	1	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
	2	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
	3	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
A100_3	1	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
	2	3,45	13,6	0,67	0,00626	0,00010	
	3	3,45	13,6	0,69	0,00705	0,00011	

Dengan B adalah tebal *revolving disc* (mm), r jari-jari disc (mm), b lebar celah

material yang terabrasi (mm) maka dapat diturunkan besarnya volume material yang terabrasi :

$$W = \frac{B.b^3}{12.r} \dots\dots\dots (4.3)$$

Memasukan lebar goresan ke dalam rumus laju keausan (W_s) sebagai berikut :

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_0} \dots\dots\dots (4.4)$$

Pengolahan data manual hasil pengujian keausan spesimen 1 titik 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\ &= \frac{3,45.0,75^3}{12.13,6} \\ &= \frac{1,436}{163,2} \\ &= 0,00880 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{1,5.W}{P.L_0} \\ &= \frac{1,5.0,75^3}{6,36.15} \\ &= \frac{0,013}{95,4} \\ &= 0,00014 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

Hasil uji keausan di laboratorium diatas menunjukkan bahwa penambahan karbon menggunakan arang batok kelapa dan barium karbonat dengan suhu pemanasan 920°C nilai tertinggi keausan terjadi pada spesimen *carburizing* dengan

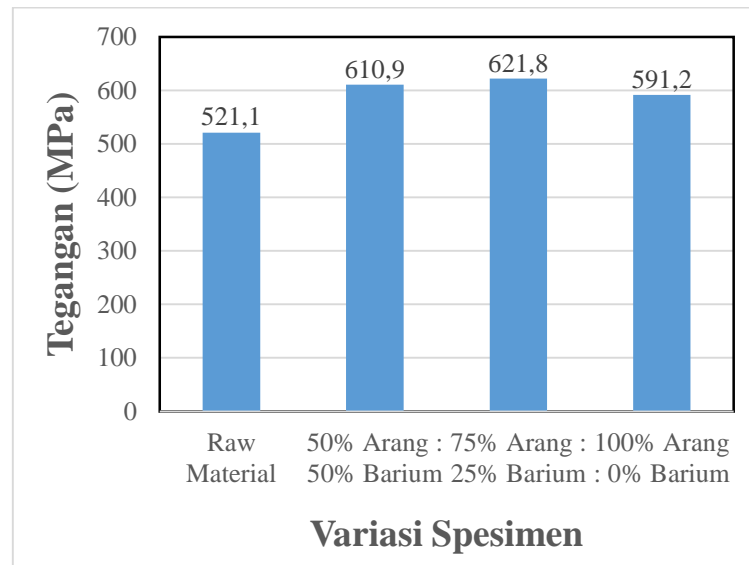
variasi persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat dan 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar $0,00009 \text{ mm}^3/\text{Kg}$. Rata-rata hasil uji keausan baja ST41 *raw material* sebesar $0,00021 \text{ mm}^3/\text{Kg}$, hasil *carburizing* dengan variasi persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat sebesar $0,00014 \text{ mm}^3/\text{Kg}$, persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat sebesar $0,00009 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ dan persentase 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar $0,00009 \text{ mm}^3/\text{Kg}$.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian tarik, kekerasan dan keausan hasil *carburizing* baja ST41 dengan variasi persentase arang batok kelapa dan barium karbonat sebesar 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat, 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat dan 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat dengan suhu pembahasan 920°C selama 2 jam dan di *quenching* menggunakan air selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut :

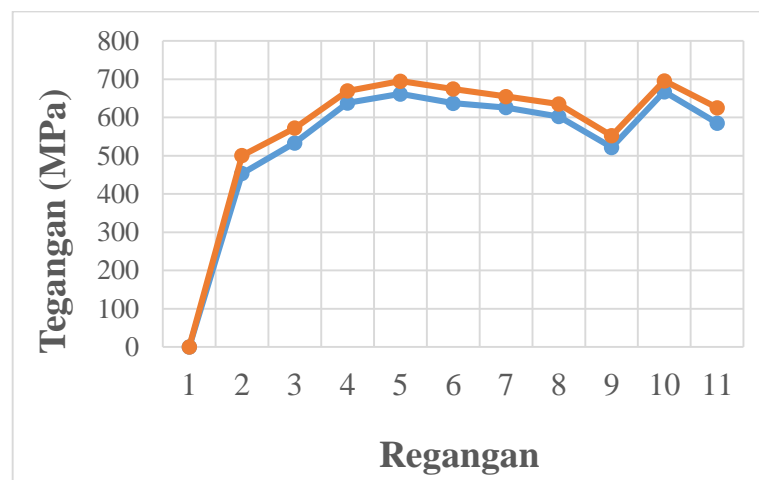
1. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan pada baja ST 41 setelah mengalami proses *carburizing* dengan suhu 920°C selama 2 jam dengan variasi 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat, 75% arang batok kelapa dan 25% barium karbonat dan 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat kemudian di dinginkan menggunakan media pendingin air selama 5 menit. Hasil uji tarik digambarkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.1 Grafik Variasi Arang dan Barium Karbonat pada Kekuatan Tarik

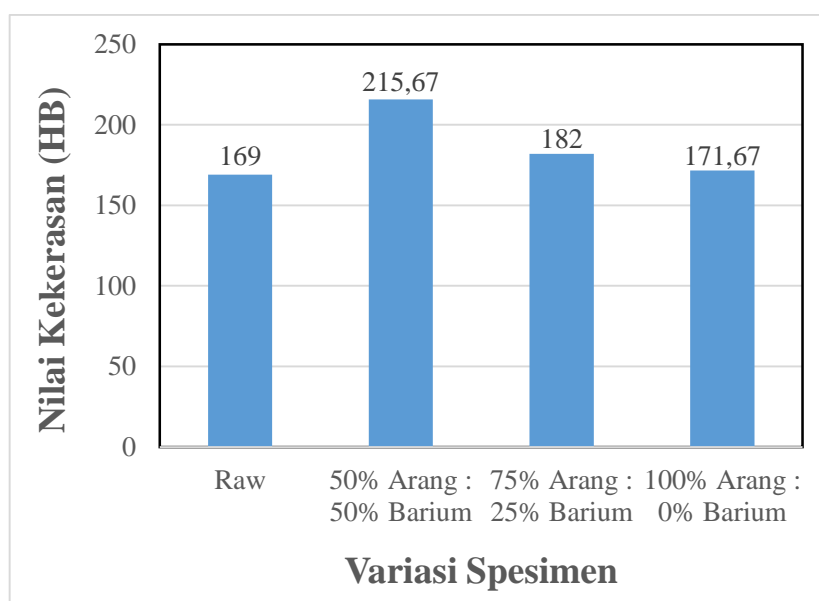
Hasil penelitian untuk proses *carburizing* baja ST 41 dengan variasi persentase arang dan barium karbonat. Adapun nilai kekuatan tarik baja sebelum di *carburizing* sebesar 521,10 MPa, proses *carburizing* untuk persentase 75% arang banding 25% barium karbonat terdapat nilai kekuatan tarik yang tertinggi sebesar 621,79 MPa, nilai kekuatan tarik dengan persentase 50% arang banding 50% barium sebesar 610,92 MPa dan untuk nilai kekuatan tarik yang terendah pada persentase 100% arang banding 0% barium karbonat sebesar 591,22 MPa.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik

2. Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan pada baja ST 41 setelah mengalami proses *carburizing* dengan suhu 920°C selama 2 jam dengan variasi 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat, 75% arang batok kelapa dan 25% barium karbonat dan 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat kemudian didinginkan menggunakan media pendingin air selama 5 menit. Hasil uji kekerasan digambarkan pada grafik dibawah ini :

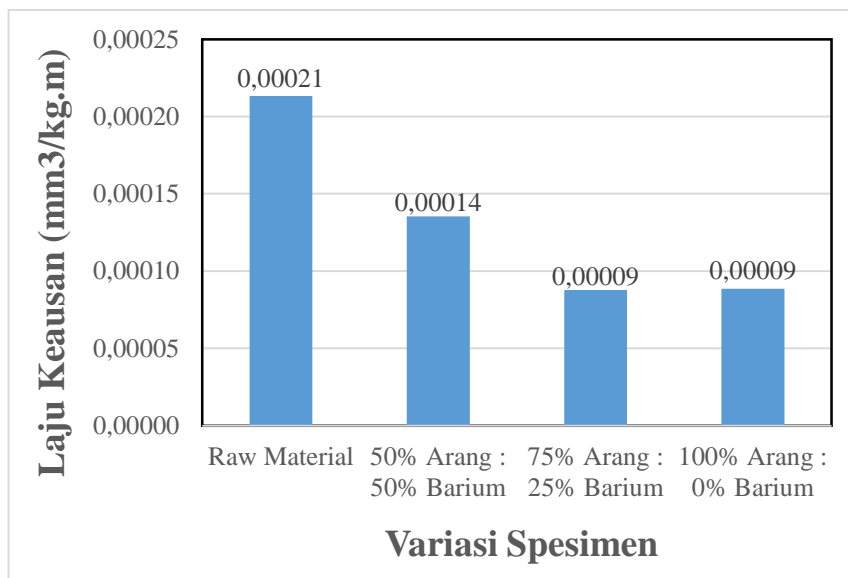


Gambar 4.3 Grafik Variasi Arang dan Barium Karbonat pada Uji Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan untuk proses *carburizing* baja ST 41 dengan variasi persentase arang batok kelapa dan barium karbonat. Nilai kekerasan baja sebelum di *carburizing* sebesar 169 HB, proses *carburizing* untuk persentase 50% arang banding 50% barium karbonat terdapat nilai kekerasan yang tertinggi sebesar 215,67 HB, nilai kekerasan dengan persentase 75% arang banding 25% barium sebesar 182 HB dan untuk nilai kekerasan yang terendah pada persentase 100% arang banding 0% barium karbonat sebesar 171,67 HB.

3. Uji Keausan

Uji abrasi (keausan) dilakukan pada baja ST 41 yang setelah mengalami proses *carburizing* dengan suhu 920°C selama 2 jam dengan variasi 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat, 75% arang batok kelapa dan 25% barium karbonat dan 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat kemudian di dinginkan menggunakan media pendingin air selama 5 menit. Hasil uji kekerasan digambarkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.4 Grafik Variasi Arang dan Barium Karbonat pada Uji Keausan

Hasil pengujian keausan pada proses *carburizing* baja ST 41 dengan variasi persentase arang batok kelapa dan barium karbonat. Adapun nilai keausan baja sebelum di *carburizing* sebesar 0,00021 mm³/kg.m, nilai keausan yang tertinggi sebesar 0,00009 mm³/kg.m pada variasi dengan persentase 75% arang banding 25% barium karbonat dan persentase 100% arang banding 0% barium karbonat, untuk nilai keausan yang terendah pada persentase 50% arang banding 50% barium karbonat sebesar 0,00014 mm³/kg.m.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dengan selesainya laporan skripsi dengan judul Pengaruh Komposisi Arang Batok Kelapa dan Barium Karbonat Terhadap Kekerasan, Keausan pada Proses *Carburizing* Baja ST 41 ini, maka peneliti secara singkat menyimpulkan bahwa dari hasil penelitian ini adalah :

1. Pada hasil uji kekuatan tarik *raw* material baja ST 41 sebesar 521,1 MPa. Pada persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat 610,9 MPa, persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat sebesar 621,8 MPa dan pada persentase 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar 591,2 MPa. Kesimpulannya yaitu kekuatan tarik tertinggi pada variasi dengan persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat yaitu sebesar 621,8 MPa.
2. Pada hasil rata – rata uji kekerasan *raw* material baja ST 41 sebesar 169 HB. Nilai kekerasan pada persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat sebesar 215,67 HB, persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat sebesar 182 HB dan pada persentase 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar 171,67 HB. Nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada variasi dengan persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat yaitu sebesar 215,67 HB.

3. Pada hasil uji keausan *raw material* baja ST 41 yaitu sebesar 0,00021 mm³/kg.m. Pada persentase 50% arang batok kelapa banding 50% barium karbonat nilai kekerasannya sebesar 0,00014 mm³/kg.m, persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat yaitu 0,00009 mm³/kg.m dan pada persentase 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat sebesar 0,00009 mm³/kg.m. Bahwa kesimpulannya yaitu nilai keausan yang tertinggi pada variasi dengan persentase 75% arang batok kelapa banding 25% barium karbonat dan 100% arang batok kelapa banding 0% barium karbonat yaitu sebesar 0,00009 mm³/kg.m.

B. Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada penelitian selanjutnya.

1. Untuk menambah referensi ilmiah tentang karburasi, diharapkan ada variasi media lainnya untuk menentukan media mana yang paling cocok untuk proses karburasi kemasan.
2. Karena sampel cenderung lancip selama proses *quenching*, sampel yang direndam dalam penangas air harus didinginkan secara vertikal (jangan dibalik) untuk menghindari kekerasan yang merata.
3. Kekerasan benda uji disesuaikan dengan kemampuan *hardness tester*. Selalu gunakan cairan pendingin saat memotong benda uji. Harap rusak spesimen sebelum menguji material.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan peningkatan variasi temperatur dan *holding time* pada proses *heat treatment* untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam peningkatan sifat mekanik baja karbon rendah.
5. Kami juga merekomendasikan penggunaan media karbon aktif lainnya untuk mencari media karbon baru yang lebih efektif untuk digunakan dalam proses karburasi.