

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Darmawa & Darmawa (2016) yang berjudul “Katalisator Cangkang Keong Mas Terhadap Sifat Mekanik Baja ST42 Melalui Proses Karbonasi” mengalami peningkatan kekerasan tertinggi yaitu pada material campuran 40 % Cangkang keong mas, dan nilai kekerasan terendah material campuran 10% Cangkang keong mas. Peningkatan nilai kekerasan material akan mengakibatkan penurunan laju keausan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Bahtiar dkk (2017) yang berjudul “Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil yang Mendapatkan proses *Pack Carburizing* dengan arang cangkang kelapa sawit”. Pada penelitian tersebut, pengujian kekerasan nilai tertinggi terdapat pada spesimen KQA (karburasi *quenching* air) sebesar 504,92 kg/mm². Pada proses *tempering* nilai kekerasan yang tertinggi terdapat pada spesimen KQAT (karburasi *quenching* air *tempering*) sebesar 420,03 kg/mm². Pada pengamatan struktur mikro pada proses KQA (karburasi *quenching* air) dan KQO (karburasi *quenching* oli) didominasi oleh perlit dibandingkan dengan ferrit, yang hampir seimbang. Sedangkan untuk spesimen *raw* material struktur mikro lebih banyak ferrit dibandingkan dengan perlit dan pada pengamatan struktur mikro pada proses KQAT (karburasi *quenching* air *tempering*) dan KQOT (karburasi *quenching* oli *tempering*) terlihat struktur butir terlihat kecil dan halus.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Darmo & Widodo (2019) “Pengaruh Proses *Pack Carburizing* Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah” nilai kekerasan baja akan semakin bertambah dengan semakin besar prosentase karburiser dan energizer/katalisator diperoleh hasil nilai kekerasan permukaan 893,05 VHN untuk energizer 30%, 813,62 VHN untuk energizer 25%, dan 788,57 VHN untuk energizer 20% dengan struktur mikro berupa martensit perlit dan ferrit.

Berdasarkan penelitian yang Negara & Muku (2015) baja karbon rendah yang *dicarburizing* menggunakan *carburizer* 80% arang bamboo dan 20% BaCO₃, dipanaskan sampai 9500C, ditahan selama 4 jam dan didinginkan dengan air mengalami perubahan sifat mekanis yaitu mengalami peningkatan kekerasan sebesar

100,68% pada bagian permukaan sementara kekerasan pada bagian inti tetap, peningkatan kekuatan luluh dan kekuatan tarik masing-masing sebesar 52,98% dan 30,82%. Pada sisi lain, adanya peningkatan kekerasan menyebabkan penurunan elongasi dari baja dari semula 30,07% menjadi 7,6%.

Berdasarkan penelitian Handoko & Vivaldi yang berjudul “Pengaruh Paduan Arang Aktif Kayu Belian/ulin dan Katalisator Kerang Ale-Ale pada Proses *Pack carburizing* terhadap Perubahan Komposisi dan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (*Low Carbon steel*) St 37” . Kekerasan pada material awal memiliki nilai kekerasan Vickers sebesar 155,1 VHN. Setelah dilakukan *pack carburizing* sebesar 572,6 VHN pada komposisi katalisator kerang ale-ale 30%. Komposisi kimia material memiliki kadar Karbon sebesar 0,16% C. Setelah dilakukan *pack carburizing* komposisi kimia karbon terjadi peningkatan yaitu pada 30% katalisator 0,51% C. Struktur mikro material awal lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Setelah dilakukan *pack carburizing* kristal semakin padat dan gelap ini menunjukkan terjadinya difusi karbon kedalam logam baja dimana Kristal perli berubah menjadi austenit.

Ditinjau dari penelitian yang telah dilakukan di atas memiliki kesamaan yaitu *pack carburizing* terhadap baja karbon rendah. Pada penelitian yang akan dilakukan penulis adalah *pack carburizing* terhadap baja karbon rendah (St37) menggunakan katalisator cangkang kerang kepah dan arang aktif yang potensinya cukup banyak di Kalimantan Barat.

2.2 Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja. (ASM *handbook*,1993). Pada pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefinisian ASM

handbook (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut:

2.2.1 Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang 0,25 % berat C dan tidak responsif terhadap perlakuan panas yang dimaksudkan untuk membentuk martensit, penguatan dicapai dengan kerja dingin. Struktur mikro terdiri dari konstituen ferit dan perlit. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, gedung, jembatan, bodi mobil, pipa, berdan lain-lainya. (ASM *handbook*,1993)

2.2.2 Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,25% C – 0,60% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya. (ASM *handbook*, 1993)

2.2.3 Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan. Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam

pebuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya. (ASM *handbook*,1993)

2.2.4 Baja ST 37

DIN 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik. Salah satunya adalah jenis baja St37, dimana baja ini mempunyai kekuatan tarik minimal 37 Kg/mm² dan maksimal 45 Kg/mm². Sedangkan kandungan karbon yang dimilikinya sebesar 0,16 % berat. Data ini diambilkan dari tabel baja-baja konstruksi menurut ONORM M3111

Tabel 2.1 Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111

Sebutan ONORM	DIN 17-100	σ_H Kg/mm ²	σ_s Kg/mm ²	C %	δ_s %	Ø pena
St 00 M	-	Sampai 50	-	0,12	30.....26	4a
St 34 M	St 34-2	34 – 42	19	0,12	3026	0,5 a
St 37 M	St 37-2	37 – 45	21	0,16	2623	a
St 42 M	St 42-2	42 – 50	23	0,25	25.....22	a
St 50 M	St 50 -2	50 -60	27	0`36	2219	-
St 60 M	St 60-2	60 – 70	32	0,45	1713	-
St 70 M	St 70-2	70 - 85	36	0,58	12 8	-

(Alois Schonmetz dkk,1985)

2.3 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas adalah suatu metode yang digunakan untuk mengubah sifat fisik atau struktur mikro suatu logam melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia material tersebut.

Menurut Purwanto dkk (2016) Perlakuan panas (*heat treatment*) secara umum meliputi:

1. Pemanasan sampai suhu dan kecepatan tertentu.
2. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata antara permukaan dan inti.

3. Pendinginan dengan media pendingin (air, minyak, atau udara/ media pendingin yang lain).

Ketiga hal tersebut tergantung dari sifat-sifat yang diinginkan.

Syarat-syarat perlakuan panas (heat treatment) yang harus dipenuhi:

1. Suhu pemanasan harus naik secara teratur dan merata.
2. Alat ukur suhu hendaknya seteliti mungkin.
3. Laju pendinginan sesuai dengan jenis perlakuan panas yang dilakukan.

Menurut Purwanto dkk (2016) secara umum perlakuan panas (heat treatment) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

2.3.1 *Annealing*

Annealing adalah suatu proses untuk melunakkan baja pada temperatur tertentu dan dilanjutkan dengan pendinginan secara perlahan menggunakan media udara dalam waktu yang ditentukan. Tujuan dari proses annealing ini adalah untuk mendapatkan material baja yang lunak, menghilangkan tegangan sisa akibat proses pemanasan, memperbaiki keuletan, serta untuk memperbaiki butiran-butiran atom pada baja.

Berikut macam-macam proses *annealing* menurut Purwanto dkk (2016):

1. *Full Annealing*

Bertujuan untuk mengubah bentuk lapisan sementit di dalam pearlit dan sementit pada batasan-batasan butiran dari baja karbon tinggi menjadi bentuk *spheroidal* (bentuk bola).

2. *Recrystallisation Annealing*

Bertujuan untuk melunakkan baja hasil pengerjaan, karena adanya rekristalisasi dan pengembangan bentuk strukturnya.

3. *Stress-Relief Annealing* (*Annealing* untuk menghilangkan tegangan dalam)

Bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa (tegangan dalam) dalam baja tuang yang tebal, juga pada logam yang sudah mengalami pengelasan. Hasil: Memperbaiki sifat mampu di mesin.

4. *Spheroidization*

Bertujuan membentuk/menghaluskan struktur sementit dengan menghancurkan bentuk *sphreoids* (bulatan kecil) dalam kandungan *ferrit*.

2.3.2 Normalizing

Normalizing merupakan suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fasa *austenite* yang kemudian didinginkan secara perlahan dalam media pendingin udara (temperatur ruang). Hasil proses *normalizing* akan membentuk struktur perlit dan ferit. Tujuan dari proses *normalizing* ini adalah untuk memperkecil dan menyamakan butiran atom yang terdapat pada baja sehingga dapat meningkatkan sifat mekaniknya. (Purwanto dkk, 2016)

2.3.3 Tempering

Tempering merupakan suatu proses pemanasan baja hingga mencapai temperatur dibawah temperatur kritis dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu. Kemudian baja tersebut didinginkan dengan menggunakan media udara. Proses tempering ini bertujuan untuk memperoleh keuletan dan ketangguhan pada sifat baja. (Purwanto dkk, 2016)

2.3.4 Hardening

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam.

Hardening menurut Purwanto dkk, (2016) ada 2 jenis yaitu :

a. Direct Hardening

Bertujuan untuk merubah struktur baja sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur martensit yang keras dari permukaan hingga inti benda kerja. Prosesnya adalah baja dipanaskan sampai suhu tertentu antara 770–830°C (tergantung dari kadar karbon pada baja) kemudian ditahan pada suhu tersebut, beberapa saat, kemudian didinginkan secara mendadak dengan mencelupkan dalam air oli atau media pendingin yang lain. Dengan pendinginan yang mendadak, tak ada waktu yang cukup bagi austenit untuk berubah menjadi perlit dan ferit atau perlit dan sementit. Pendinginan yang cepat menyebabkan austenit berubah menjadi martensit.

b. Case Hardening

Case hardening merupakan proses perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasam permukaan benda kerja dengan cara merubah komposisi kimia permukaan benda kerja.

Case hardening dibagi dalam tiga cara yaitu *carburizing*, *nitriding*, *flame hardening*.

1. *Carburizing*

Carburizing merupakan proses perlakuan panas untuk mengeraskan permukaan material dengan cara menambah unsur karbon pada permukaan material tersebut. *Carburizing* umumnya diterapkan pada material dengan kandungan karbon $< 0,3\%$ berat C.

Berdasarkan media yang memasok unsur karbonnya, *carburizing* dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu, *pack carburizing*, *liquid carburizing*, dan *gas carburizing*.

2. *Nitriding*

Baja yang diberikan perlakuan *nitriding* adalah baja paduan rendah yang mengandung *chromium* dan *molibdeniuri* dan kadang-kadang disertai kandungan nikel dan vanadium. Beberapa baja *nitriding* mengandung kira-kira 1 % aluminium. Baja tersebut dipanaskan pada 500°C . Selama 40 hingga 90 jam dalam kotak gas yang diisi sirkulasi gas ammonia. Permukaan baja akan menjadi sangat keras karena terbentuknya nitrida, sedangkan inti bahan tetap tidak terpengaruh.

3. *Flame Hardening*

Proses ini sangat cepat untuk menghasilkan permukaan keras dari baja yang kandungan karbonnya lebih dari 0,4%. Permukaan baja dipanaskan dengan cepat hingga suhu kritisnya dengan perantaraan semburan api atau dengan *induction coil* frekuensi tinggi, kemudian *diquenching* untuk mendapatkan struktur martensit. Setelah *quenching*, perambatan panas dari inti ke permukaan baja sudah cukup untuk tempering lapisan permukaan.

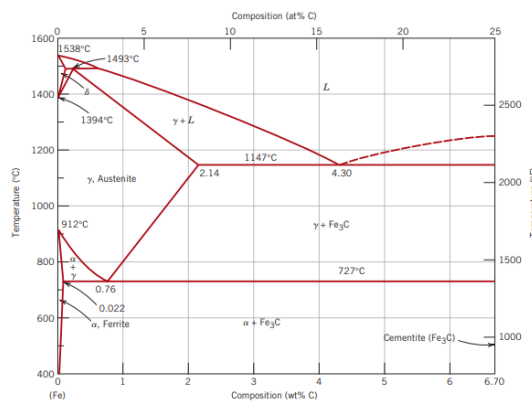
2.4 *Quenching*

Quenching adalah suatu proses pengerasan baja dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai batas *austenite* dan kemudian diikuti dengan proses pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa *austenite* bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses *quenching* ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi. (Purwanto dkk, 2016)

2.5 Carburizing (Karbonasi)

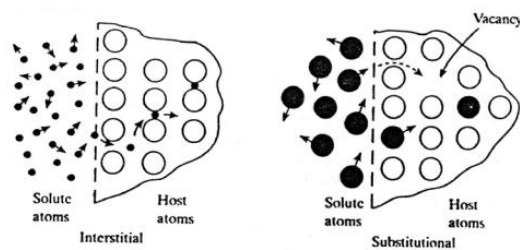
Seringkali dalam suatu komponen harus mempunyai permukaan yang keras dan tahan pakai, yang didukung oleh inti yang kuat dan tahan terhadap guncangan. Sifat-sifat yang berbeda tersebut dapat digabungkan dalam suatu baja yaitu dengan pengerasan permukaan. Cara pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan proses *carburizing* (karbonasi).

Karbonasi adalah memanaskan bahan sampai suhu 900 - 950°C dalam lingkungan yang menyerahkan karbon, lalu dibiarkan beberapa waktu lamanya pada suhu tersebut dan kemudian didinginkan (Amanto dan Daryanto, 2003).



Gambar 2. 1 Diagram Fasa Fe-C
(Callister & Rethwisch, 2018)

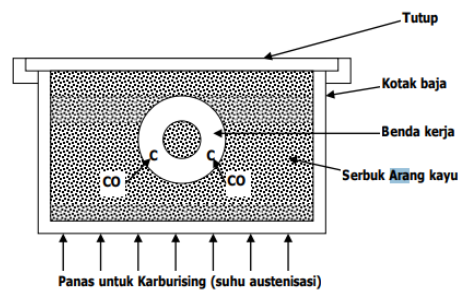
Pada Gambar 2.1 Malau dan Khasani (2008) mengemukakan bahwa suhu austenit untuk baja karbon sedang yang memiliki kadar karbon 0,3% sampai 0,7% dimana atom karbon (C) akan masuk kedalam spesimen secara difusi intertisi. Masuknya atom secara difusi akan meningkatkan kekerasan permukaan yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. berikut ini.



Gambar 2. 2 Proses difusi atom
(Budinski & Budinski, 1999)

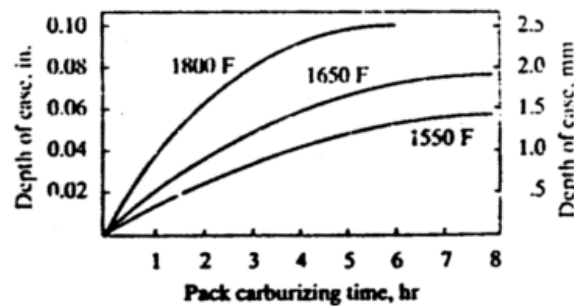
Karbonisasi merupakan proses penambahan unsur karbon pada baja karbon rendah secara difusi sehingga karbon dari media karburising akan masuk ke permukaan baja dan meningkatkan kadar karbon pada permukaan baja karbon rendah tersebut. Pada baja dengan kadar karbon yang tergolong tinggi ($> 1\% \text{ C}$), jumlah kandungan karbon pada permukaan baja sudah cukup tinggi sehingga karbon akan sulit terdifusi ke permukaan substrat. Difusi karbon umumnya dilakukan pada suhu $842\text{--}953\text{ }^\circ\text{C}$ (Budinski dan Budinski, 1999).

Menurut Budinski & Budinski (1999) terdapat tiga metode *carburizing*, yaitu *gas carburizing*, *liquid carburizing* dan *pack carburizing*. Pada sistem *pack carburizing*, baja (benda kerja) dimasukkan di sekitar serbuk arang aktif yang saat pemanasan mengeluarkan gas CO_2 dan CO . Pada permukaan baja karbon rendah, gas CO terurai membentuk atom karbon yang kemudian terdifusi masuk ke dalam baja. Dengan demikian kadar karbon pada permukaan baja akan meningkat sehingga meningkatkan kekerasan permukaan.



Gambar 2. 3 Proses *pack carburizing*
(Budinski & Budinski, 1999)

Menurut Beumer (1980), ukuran tebal maksimal lapisan *carburizing* sebesar 5 mm tetapi biasanya yang sering dibuat oleh industri hanya sebesar 1mm. Penambahan katalis digunakan untuk mempercepat proses *carburizing*. Nanulaitta dan Lillipaly (2012) 15 menyatakan bahwa, bahan *carburizing* terdiri dari bubuk karbon aktif, ditambah katalis BaCO_3 (Barium Carbonat) atau Na_2CO_3 (Natrium Carbonat) sebagai energizer atau activator yang mempercepat proses karburisasi. Namun biasanya BaCO_3 yang dipakai karena lebih mudah terurai dari pada Na_2CO_3 . Sebenarnya tanpa energizer dapat terjadi proses *carburizing* karena temperatur sangat tinggi, maka karbon teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap dalam kotak menjadi CO_2 . Kecepatan karbonasi dapat dilihat pada Gambar 2.4, selain itu proses karbonasi dapat dipercepat dengan menggunakan suhu yang tinggi.



Gambar 2. 4 Hubungan Antara Tebal Pelapisan dengan Periode Karbonasi
(Budinski & Budinski, 1999)

Apabila dilihat dari jenis medianya menurut Budinski & Budinski (1999) proses karbonasi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Karbonasi dengan media zat padat (*Pack Carburizing*)

Karbonasi dengan media zat padat disebut juga proses karbonasi terbungkus. Pada proses ini caranya adalah komponen dimasukkan kedalam suatu tromol logam yang sesuai dan di dalam tromol dikelilingi oleh bahan karbonasi.

2. Karbonasi dengan media zat cair (*Liquid Carburizing*)

Pada proses karbonasi ini baja dipanaskan pada suhu tertentu, setelah itu baja diberi larutan kalium ferrosianida. Pencarian larutan kalium ferrosianida dalam baja yang dipanaskan akan meresap kedalam baja dan menambah kandungan karbon pada permukaan baja tersebut.

3. Karbonasi dengan media gas (*Gas Carburizing*)

Pada proses ini bahan dimasukkan ke dalam dapur pemanas yang dipanaskan dengan gas karbon yang sesuai. Kandungan karbon didalam lapisan komponen dapat dikontrol dengan mengatur komposisi gas untuk karbonasi.

2.6 Karbon

Unsur karbon adalah unsur campuran yang sangat penting dalam pembentukan baja, jumlah, persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang sangat besar pada sifat baja. Unsur karbon yang bercampur dalam baja sekitar 0,1% - 2,0%, jika kandungan karbon pada baja kurang dari 0,15% maka tidak terjadi perubahan sifat-sifat baja setelah dikeraskan dengan cara dipanaskan dan didinginkan (*hardening*). Menurut Irwandy (2014) unsur karbon dapat bercampur

dengan besi dan baja setelah di dinginkan secara perlahan-lahan pada temperatur kamar dalam bentuk sebagai berikut:

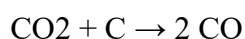
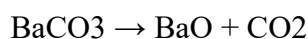
1. Larut dalam besi untuk membentuk larutan pada ferit yang mengandung karbon diatas 0,006 % pada temperatur kamar. Unsur karbon akan naik lagi sampai 0,03 % pada temperatur 725 °C. Ferit bersifat lunak, tidak kuat dan kenyal.
2. Sebagai campuran kimia dalam besi, campuran ini disebut sementit (Fe₃C) yang mengandung 6,67 % karbon. Sementit bersifat keras dan rapuh.

2.7 Katalis

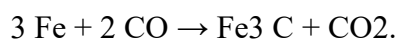
Penggunaan katalis sangat berpengaruh pada proses karbonasi, pada suhu yang tinggi katalis berfungsi membentuk atau mempercepat pembentukan gas CO. Katalisator biasa ditambahkan ke dalam media *carburizing* untuk mempercepat proses *pack Carburizing*. Menurut Hay & Darmawa (2016) energizer yang digunakan umumnya adalah Barium karbonat (BaCO₃) tetapi karena dalam penggunaannya tidak ramah lingkungan, banyak peneliti yang mencoba mengganti BaCO₃ dengan CaCO₃, pemanfaatan limbah cangkang telur, tulang, cangkang kerang.

Adapun proses reaksi katalis–katalisnya dapat ditunjukkan sebagai berikut:

1. Barium karbonat (BaCO₃)

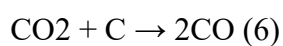


Gas CO yang terjadi kemudian larut kedalam fasa austenit atau bereaksi dengan Fe sebagai berikut:

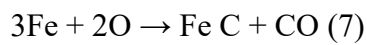


Gas CO yang terbentuk dari reaksi diatas kemudian bereaksi dengan BaO dan membentuk BaCO₃, sehingga BaCO₃ senantiasa ada dalam proses sehingga reaksi-reaksi dapat berjalan terus.

2. Kalsium karbonat



Gas CO yang terjadi kemudian larut kedalam fasa austenite atau bereaksi dengan Fe sebagai berikut:



Gas CO₂ yang terbentuk dari reaksi diatas kemudian bereaksi dengan CaO dan membentuk CaCO₃, dengan demikian CaCO₃ senantiasa ada selama proses sehingga reaksi-reaksi dapat berjalan terus.

2.8 Batok Kelapa

Batok kelapa merupakan bagian dari buah kelapa atau *endocarp* bersifat keras, dan diselimuti oleh serabut kelapa. Batok kelapa memiliki komposisi kimia seperti komposisi kimia pada kayu, mengandung lignin, pentose, dan selulosa. Batok kelapa umumnya digunakan sebagai bahan pokok pembuatan arang aktif. Hal tersebut dikarenakan batok kelapa merupakan bahan yang dapat menghasilkan nilai kalor sekitar 6.500-7.6000 Kkal/g. (Triono,2006) dan kandungan unsur karbon yang tinggi hingga dapat mencapai 82.92 % wt (Esmar,2012).

2.9 Kerang Kepah (*Polymesoda Erosa*)

Secara morfologi kerang kepah (*polymesoda erosa*) mempunyai ciri-ciri cangkang menyerupai seperti piring yang terdiri dari dua katub simetris, cembung pada bagian tengah cangkang dan pipih pada bagian tepi, bentuk cangkang segitiga membulat, tebal, *flexure* jelas dari umbo sampai tepi posterior. (Morton,1984)

Adapun untuk klasifikasi *polymesoda erosa* menurut Jutting (1954) sebagai berikut:

<i>Filum</i>	: <i>Mollusca</i>
Kelas	: <i>Bivalvia</i>
Sub kelas	: <i>Heterodonta</i>
Ordo	: <i>Veroida</i>
<i>Familia</i>	: <i>Corbiculidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Polymesoda</i>
Spesies	: <i>Polymesoda erosa</i>

Kerang ale-ale merupakan salah satu jenis kerang masuk dalam kelas *bivalvia*. Berdasarkan penelitian Hariyati dkk (2019) Cangkang kerang ale-ale (*Meretrix meretrix*) mengandung kalsium oksida (CaO) sebesar 87% berpotensi digunakan sebagai bahan dasar ekstraksi kalsium karbonat CaCO₃. Kerang kepah merupakan salah satu jenis kerang yang masuk dalam kelas *bivalia* dan memungkinkan memiliki kesamaan nilai kandungan pada cangkangnya.

2.10 Uji Kekerasan

Uji kekerasan merupakan uji bahan untuk mengetahui ketahanan plastis dari suhu permukaan benda uji terhadap penetrasi. Beberapa macam uji kekerasan menurut Beumer (1994) yaitu *ball indentation test (brinell)*, *cone indentation test (rockwell)*, *pyramide indentation test (vikers)*.

1. Ball Indentation test (Brinell)

Pada dasarnya *ball indentation test* atau sering disebut sebagai metode *brinell*. Metode *brinell* adalah pengujian kekerasan berdasarkan nilai tekanan bola baja, dengan beban tertentu diatas permukaan benda uji, sehingga menimbulkan bekas indentasi atau bekas penekanan. Kemudian lubang bekas tekana tersebut diukur luasnya dalam A mm², sedangkan beban yang diberikan tersebut diukur dalam F.kg sehingga diperoleh kekerasan *brinell*.

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(\sqrt{D^2+d^2})} \dots\dots\dots (2.1)$$

P = gaya atau beban uji (kgf)

D = diameter indentor bola (mm)

d = diameter jejak (mm)

2. Cone Indentation test (Rockwell)

Cone indentation test atau sering disebut sebagai metode *rockwell*, pada dasarnya adalah uji kekerasan material dengan menggunakan penekan yang terbuat dari permata atau baja yng berujung piraminda. Pada pengujian ini, mula-mula benda uji diberi beban awal sebesar 10 kg, lalu dilanjutkan dengan penambahan beban sebesar 90 kg untuk penekanan sekala B atau beban sebesar 140 kg untuk baja sekala A. Kemudian semua beban dilepaskan dan diukur lubang penekan, perlu

diketahui bahwa kemampuan pengukuran kekerasan dengan metode *rockwell* maksimal 68 Rc.

$$HR = E - e \quad (2.2)$$

HR = *Hardness Rockwell*

E = Nilai konstanta 130 pada indenter bola dan nilai 100 pada indenter intan

e = Nilai kedalaman penekanan yang diberikan beban utama

3. *Pyramide Indentation test (Vickers)*

Pyramide Indentation test atau sering dikenal dengan pengujian kekerasan material metode *vickers*. Metode ini dalam pengukurannya menggunakan beban tekan sebesar 5 kg, 10 kg, 100 kg, atau 120 kg dan menggunakan penekanan yang diperkeras berbentuk piramida dengan muka lawan sudut $\alpha = 136$.

$$HV = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

Dimana:

HV = *Hardness vickers*

F = Gaya yang diberikan

A = Luas jejak penetrasi

2.11 ANOVA

Anova atau Anava merupakan bagian dari metode analisis statistika yang biasanya digunakan untuk menguji perbandingan dua atau lebih rata-rata suatu data populasi atau sampel. Anova sering diistilahkan sebagai uji-F atau Fisher Test, yang merupakan pengembangan lebih lanjut dari uji-t. uji-t atau uji-z biasanya digunakan untuk studi komparatif dua rata-rata dari sekumpulan data populasi, sedangkan uji-F atau Anova bisa lebih.

Misalkan nilai Anova atau F (F_{hitung}) adalah

$$F_{hitung} = \frac{V_A}{V_D} = \frac{KRA}{KRD} = \frac{JK_A/db_A}{JK_D/db_D} = \frac{\text{Varian antar grup}}{\text{Varian dalam grup}} \quad (2.4)$$

Varian dalam grup dapat juga disebut varian galat, dan dirumuskan sebagai :

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{A_i})^2}{n_{A_i}} - \frac{(\sum X_{A_r})^2}{N} \text{ untuk } db_A = A-1 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_{A_r})^2}{n_{A_i}} \text{ untuk } db_D = N-A \dots\dots\dots (2.6)$$

di mana,

$$\frac{(\sum X_{A_r})^2}{N} \quad = \text{faktor koreksi}$$

N = jumlah keseluruhan sampel

A = jumlah keseluruhan grup sampel

Tabel 2.2 Ringkasan perhitungan uji anova satu arah

Sumber varian (SV)	Jumlah kuadrat (JK)	Derajat bebas (db)	Kuadrat rata-rata	F _{hitung}	α
Antar grup	$\sum \frac{(\sum X_{A_i})^2}{n_{A_i}} - \frac{(\sum X_{A_r})^2}{N}$	A-1	$\frac{JK_A}{db_A}$	$\frac{KR_A}{KR_D}$	-
Dalam grup	$\sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{A_r})^2}{n}$	N-A	$\frac{JK_D}{db_D}$	-	-
Total	(k-1)(m-1)	N-1	-	--	-

(sumber : Bustami, dkk. 2014)