

**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG KIJING
(*Pilsbryoconcha exilis*) SEBAGAI KATALISATOR
PADA PROSES CARBURIZING**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan Oleh :

Lukman Hakim NIRM:1042014

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2023/2024

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG KIJING (*Pilsbryconcha exilis*) SEBAGAI KATALISATOR PADA PROSES CARBURIZING

Oleh: -

Lukman Hakim / 1042014

Laporan akhir ini telah dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik
Manufaktur Negeri Bangka Belitung

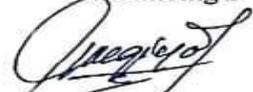
Menyetujui,

Pembimbing 1



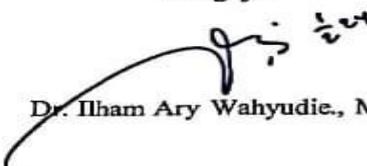
Ramli, M.Sc., Ph.D

Pembimbing 2



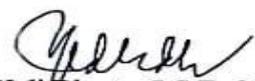
Sugiyarto, S.S.T.M.T

Penguji 1



Dr. Ilham Ary Wahyudie., M.T.

Penguji 2



Yuli Dharta, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Lukman Hakim NIM : 1042014
Dengan Judul : PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG
KERANG KIJING (*Pilsbryoconcha exilis*)
SEBAGAI KATALISATATOR PADA PROSES
CARBURIZING

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 8 januari 2024

Tanda Tangan



Lukman Hakim

ABSTRAK

Hasil alam Indonesia sangat melimpah, termasuk beberapa jenis hewan yang terdapat di dalamnya, salah satunya adalah kerang yang termasuk salah satu hewan jenis moluska. Cangkang kerang mengandung 39,55% kalsium karbonat (CaCO_3). Kehadiran kalsium karbonat dalam kerang memungkinkan untuk digunakan sebagai sumber katalisator dalam proses *carburizing*. *Carburizing* menambahkan karbon ke baja saat dipanaskan hingga suhu austenit, menyebabkan karbon berdifusi ke permukaan baja. Proses ini biasanya menggunakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Diantara baja karbon rendah yang biasa digunakan di industri adalah baja St. 42 yang memiliki daya tahan sangat baik. Karbon tempurung kelapa digunakan sebagai katalis. Karbon tempurung kelapa merupakan salah satu bahan karbon aktif. Karbon aktif tempurung kelapa memiliki kadar abu yang rendah, reaktivitas tinggi dan kelarutan air yang baik. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Dimana bahan yang digunakan adalah baja St. 42. Sedangkan media *carburizing* berupa serbuk arang aktif dari tempurung kelapa dan serbuk kerang kijing masing-masing: 10%, 20%, dan 30%, dengan pemanasan selama 3,6 dan 9 jam.

Kata kunci: kata kunci: *carburizing*, kekerasan, impact, arang tempurung kelapa, baja karbon St. 42.

ABSTRACT

Indonesia's natural products are very rich, including containing several types of animals, one of which is a clam that belongs to one type of shellfish. Mussel shells contain 39.55% calcium carbonate (CaCO_3). The presence of calcium carbonate in the shell makes it possible to use it as a source of catalyst in the carburization process. Carburization adds carbon to the steel when heated to austenitic temperatures, causing the carbon to diffuse onto the steel surface. Low carbon steels with a carbon content of less than 0.3% are usually used in this process. Among the low-carbon steels widely used in industry, there is St. 42 Steel, which has exceptional strength. Coconut shell charcoal is used as a catalyst. Coconut shell charcoal is one of the active carbon materials. Activated charcoal from coconut shell has low ash content, high reactivity and good solubility in water. The research method used is experimental. Steel St. 42 is used as the material. At the same time, the carburizing medium is activated carbon powder from coconut shell and shellfish powder by 10%, 20%, and 30%, respectively, when heated for 3.6 and 9 hours.

Keywords: carburization, hardness, impact, coconut shell charcoal, carbon steel St. 42

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat serta hidayah-nya, penulis diberikan kesehatan dalam menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Kijing (*Pilsbryconcha exilis*) sebagai *alternative* katalisator pada proses *carburizing*”.

Tujuan penulisan proyek akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar diploma VI Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur di jurusan Teknik Mesin dan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari dalam penulisan proyek akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya memudahkan di kemudian hari agar bisa memperbaiki kekurangan.

Dalam penulisan proyek akhir ini, penulis selalu mendapatkan bimbingan, dorongan serta semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan proyek akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Kedua orang tua, ayahhanda Sahrin dan ibunda tercinta Hindun yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan pada penulis
2. Bapak Ramli, M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan tentang pelaksanaan proyek akhir ini.
3. Bapak Sugiyarto, S.S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan dukungan semangat dan masukan tentang pelaksanaan proyek akhir ini.

4. Bapak I Made Andika Setiawan, M.Eng.,Ph.D selaku direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T.,M.Eng selaku kepala jurusan Teknik Mesin.
6. Bapak Boy Rollastin,S.Tr.,M.T selaku kepala program studi diploma IV Teknik Mesin dan Manufaktur.
7. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin dan Staff Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membekali saya ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun proyek akhir ini.
8. Segenap keluarga besar kelas A Teknik Mesin Manufaktur 2020. Kita adalah sebuah keluarga selama 4 tahun yang saya akan kenang selalu.
9. Sahabat, teman dan orang terdekat dibalik layar yang tidak biasa disebut namanya satu persatu.
10. Akhirnya penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak dan apa bila ada yang tidak disebut namanya penulis mohon maaf. Dengan besar harapan semoga penulisan proyek akhir ini yang ditulis oleh penulis dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca. Semoga amal dan kebaikan kita semua mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan yang Maha Esa, Amiiin.

Penulis



Lukman Hakim

DAFTAR ISI

PROYEK AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
BAB II	4
KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.2 Kerang Kijing (<i>Pilsbryoconcha exilis</i>)	5
2.3 Defenisi <i>Carburizing</i>	6
2.4 Katalisator	7

2.5 Baja Karbon Rendah	7
2.6 <i>Quenching</i>	8
2.7 Pengujian Kekerasan.....	9
2.8 Pengujian Impak <i>Charpy</i>	9
2.9 Metode <i>Desain Full Faktorial</i>	9
BAB III	11
METODE PELAKSANAAN	11
3.1 Diagram Penelitian	11
3.2 Studi Litelatur.....	12
3.3 Perancangan Parameter Proses	12
3.4 Persiapan Alat dan Bahan	12
3.4.1 Alat yang digunakan	13
3.4.2 Bahan yang digunakan.....	16
3.5 Pelaksanaan Peneltian	17
3.6 Variabel Penelitian	21
3.7 Ekperimen	21
3.8 Pencampuran Bahan.....	21
3.9 <i>Proses Pack Carburizing</i>	22
3.10 Proses Pendinginaan	22
3.11 Pelaksanaan Penelitian	22
3.11.1 Pembuatan Benda Uji	22
3.11.2 Proses <i>Carburizing</i>	23
3.12 Pengujian Sempel.....	24
3.12.1 Pengujian Kekerasan	24
3.12.2 Pengujian Impak	24
3.12.3 Pengolahan Data	24

3.13	Analisa Data	26
BAB IV	.....	28
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	28
4.1	Sempel Uji.....	28
4.2	Proses pengujian kekerasan setelah proses <i>carburizing</i>	28
4.3	Pengolahan data dan analisa data kekerasan dengan katalisator pada proses <i>carburizing</i>	29
4.4	<i>Analysis of Variance</i> kekerasan	31
4.5	Hasil uji dampak	33
4.6	<i>Analysis of Variance</i> nilai harga dampak.....	36
BAB V	.....	39
KESIMPULAN	.....	39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	.....	41
LAMPIRAN	.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pengujian kekerasan.....	25
Tabel 3.2 Pengujian dampak.....	25
Tabel 3.3 Level dan parameter uji	26
Tabel 3.4 <i>Desain full factorial</i>	26
Tabel 3.5 Uji ANOVA	27
Tabel 4.1 Menunjukkan komposisi yang terdapat pada baja karbon St42 tanpa proses <i>carburizing</i>	28
Tabel 4.2 Hasil uji rata-rata kekerasan 10%,20% dan 30% katalisator serbuk kerang kijing.....	29
Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan 0% katalisator menggunakan baja St42	30
Tabel 4.4 Data analisis variasi uji kekerasan.....	32
Tabel 4.5 Hasil uji rata-rata dampak 10%,20% dan 30% katalisator serbuk kerang kijing	34
Tabel 4.6 Nilai rata-rata uji dampak 0% cangkang kerang kijing.....	35
Tabel 4.7 Data analisis varian nilai uji dampak	36
Tabel 4.8 Data perbandingan	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar cangkang kerang kijing (GOSLING, 2004)	6
Gambar 3.1 Mesin grinda tangan	13
Gambar 3.2 Gambar timbangan digital	13
Gambar 3.3 Mesin frais	14
Gambar 3.4 Oven/Tungku	14
Gambar 3.5 Bak Penampung Air.	14
Gambar 3.6 Kotak Carburizing	15
Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan	15
Gambar 3.8 Alat Uji Impak.....	15
Gambar 3.9 Baja Tipe St 42	16
Gambar 3.10 Arang Aktif Batok Kelapa.....	16
Gambar 3.11 Kalsium Karbonat kerang kijing.....	17
Gambar 3.12 Media pendingin	17
Gambar 3.13 Benda Kerja	18
Gambar 3.14 Proses Pencampuran	18
Gambar 3.15 Proses pemasukan benda kerja kedalam kotak carburizing	18
Gambar 3.16 Proses penutupan	19
Gambar 3.17 Proses pemasukan kotak carburizing ke dalam oven	19
Gambar 3.18 Proses pengeluaran kotak carburizing dari dalam oven	19
Gambar 3.19 Proses pencelupan kotak carburizing kedalam bak penampung	20
Gambar 3.20 Proses pengujian kekerasan rockwell	20
Gambar 3.21 Proses pengujian dampak	20
Gambar 3.22 Gambar spesimen	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar riwayat hidup	43
Lampiran 2 Sertifikat Baja St 42	44
Lampiran 3 Plagiat	45
Lampiran 4 From Bimbingan Proyek Akhir 1	46
Lampiran 5 From Monitoring Proyek Akhir 1	47
Lampiran 6 From Bimbingan Proyek Akhir 2	48
Lampiran 7 From Monitoring Proyek Akhir 2	49
Lampiran 8 From Bimbingan Proyek Akhir 3	50
Lampiran 9 From Monitoring Proyek Akhir 3	51
Lampiran 10 From Penilaian Dospen 1 Proyek Akhir Semester Awal.....	52
Lampiran 11 From Penilaian Dospen 2 Proyek Akhir Semester Awal.....	53
Lampiran 12 LoA Bukti Submit Jurnal.....	54
Lampiran 13 Perhitungan Anova	55
Lampiran 15 Perhitungan Data Uji Kekerasan.....	58
Lampiran 16 Anova Data Uji Impak.....	59
Lampiran 17 Perhitungan Data Uji Impak.....	60

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hasil alam Indonesia sangat melimpah, termasuk beberapa jenis hewan yang terdapat di dalamnya, salah satunya adalah kerang yang termasuk salah satu hewan jenis moluska. Terdapat ribuan spesies kerang yang mempunyai nilai ekonomis tinggi diantaranya kerang darah, kerang hijau, kerang mutiara, kerang kijing, dan tiram (Teknologi et al., 2010). Volume produksi kerang di Indonesia terus mengalami peningkatan dalam dekade terakhir rata-rata mencapai 94,247,1 ton/tahun dengan nilai Rp565,48 miliar/tahun (Santoso, 2022).

Kerang juga sering diolah menjadi berbagai jenis olahan makanan, salah satu kerang yang sering diolah sebagai makanan di Bangka Belitung adalah kerang kijing yang mengakibatkan timbulnya limbah. Pengelolaan limbahnya tersebut belum mempunyai nilai tambah yang besar karena masih terbatas dari segi harga maupun jumlah produksinya sehingga perlu diupayakan lagi pemanfaatan sampah tersebut, (Nazir, 2020). Limbah dari cangkang kerang kijing ini sering diolah menjadi produk olahan berupa tepung. Karena tepung merupakan bahan pangan yang memiliki kadar air jauh dari lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan dasarnya, (Saripudin 2006). Proses pengolahan tepung cangkang kijing terdiri dari pengeringan, penetralan, penumbukan, dan penyaringan (Santoso, 2022). Tepung cangkang kijing juga dapat digunakan sebagai makanan hewan dan pupuk tanaman. Cangkang kerang kijing mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 39,55% (Mustaring, H., Patang, P., 2021). Dengan adanya kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang kijing ini memungkinkan cangkang kerang kijing untuk digunakan sebagai sumber bahan katalisator pada proses *carburizing*.

Carburizing merupakan proses perlakuan panas pada permukaan baja dengan memanfaatkan karbon sebagai unsur pengerasan. Prinsip kerja *carburizing* adalah mengisikan karbon pada baja pada saat dipanaskan pada suhu *austenite*, sehingga karbon akan berdifusi dengan permukaan baja. Hasil yang diperoleh adalah baja dengan permukaan yang keras akan tetapi bagian inti dalamnya tetap ulet. Untuk mempercepat proses maka ditambah barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) atau natrium karbonat (NaCO_3) sebagai katalisator yang bersama-sama material dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas

pada temperatur *carburizing* (Abdullah, 2019). Baja yang biasanya digunakan untuk proses ini adalah baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, (Sujita, 2016).

Baja karbon rendah yang sering digunakan pada dunia industri diantaranya baja St. 42 yang memiliki sifat keuletan dan mampu mesin yang baik. Baja St. 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai 0,25%C ,0,15%Si, 0,03%P, 0,035%S, dan 0,3-0,6%Mn. Baja St. 42 dengan kandungan karbon dibawah 0,3% termasuk kedalam baja karbon rendah dengan nilai kekerasan yang relatif rendah dan sulit untuk dikeraskan melalui proses *hardening*. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai kekerasan yang diinginkan perlu ditambah kandungan karbonnya terlebih dahulu melalui proses *carburizing* sebelum dilakukan proses *hardening* (Hamzah & Iqbal, 2008).

Arang tempurung kelapa memiliki potensi sebagai sumber karbon aktif dikarenakan kandungan unsur karbon yang tinggi hingga dapat mencapai 82,92wt%C. Tempurung kelapa merupakan bahan terbaik yang dapat menjadi karbon aktif dikarenakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa memiliki kadar abu yang rendah, reaktivitas yang tinggi, dan kelarutan dalam air yang tinggi. Pada arang tempurung kelapa sebelum diaktifkan mempunyai kadar air yang lebih tinggi yaitu 5,672%. Hal ini disebabkan setelah proses aktivasi, sebagian besar air yang terikat pada arang teruapkan pada proses pirolisis, sehingga kadar air menurun secara signifikansi (Kemendikbud, 2020).

Dengan terjaminnya ketersediaan arang tempurung kelapa dan cangkang kerang kijing, serta mempertimbangkan adanya kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang kijing tersebut memunculkan sebuah ide untuk melakukan studi tentang pemanfaatan arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon aktif dan limbah cangkang kerang kijing sebagai katalisator pada proses *carburizing* baja St 42.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh persentase cangkang kerang kijing sebagai katalisator pada proses *carburizing* terhadap baja St 42 dengan membandingkan nilai kekerasan dan kekuatan impak hasil proses *carburizing* dengan dan tanpa katalisator serbuk cangkang kerang kijing.

1.3 Batasan Masalah

1. Baja yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Baja St 42.
2. Melakukan uji kekerasan dan uji dampak.
3. Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *rockwell*.
4. Pengujian dampak menggunakan metode *charpy* sesuai dengan standar ASTM E23.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang dicapai dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh persentase cangkang kerang kijing sebagai katalisator pada proses *carburizing* terhadap baja St. 42 terhadap nilai kekerasan dan kekuatan dampak.
2. Mengetahui pengaruh waktu penahanan 3 jam, 6 jam, dan 9 jam, pada proses *carburizing* terhadap nilai kekerasan dan kekuatan dampak baja St. 42.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada BAB I. Penelitian ini merujuk pada proses *carburizing* dan memiliki referensi dari berbagai sumber sebagai pedoman seperti penelitian sebelumnya dengan proses yang sama. Penelitian yang relevan dengan pemanfaatan cangkang kerang kijing (*Pilsbryoconcha exilis*) sebagai alternatif katalisator pada proses *carburizing*, dengan suhu penahanan 900°C terhadap uji kekerasan dan uji impak baja karbon St. 42, yang telah banyak dilakukan oleh penelitian lain. Berikut kajian Pustaka yang dapat penulis kutip dari penelitian tersebut:

1. Dalam penelitian Iqbal (2008) yang berjudul “Pengaruh *Temperature* Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengarbonan Padat Baja Karbon Rendah” melakukan proses *heat treatment park carburizing* pada *temperature* 850°C, 900°C dan 950°C dengan waktu poses penahanan 2 jam dari penelitian tersebut didapatkan hasil pengujian kekerasan lapisan karburisasi specimen uji dengan variasi *temperature* dengan 850°C, 900°C dan 950°C penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburisasi selama 2 jam dengan perlakuan tanpa pengerasan , memberikan nilai kekerasan tertinggi berturut-turut 230,17 kg/mm², 266,55 kg/mm², dan 303,95 kg/mm². Nilai kekerasan pada proses pengarbonan dengan penambahan barium karbonat 25% berat media karburisasi, pada *temperature* 850°C, 900°C dan 950°C dibandingkan dengan kekerasan raw matrial (125 kg/mm²) memberikan peningkatan sebesar 184%, 213%, dan 243%. Dari hasil penelitian tersebut penulis mendapatkan batas atas *temperature* penahanan dan perbandingan karbon dan katalis yang akan digunakan pada penelitian ini.
2. Shaifudin (2018) dalam penelitian “Optimasi difusi karbon dengan metode *park carburizing* pada baja ST 42” melakukan proses *park carburizing* pada *temperature* 950°C mendapatkan hasil 4 *specimen* dengan nilai kekerasan tertinggi dari media donor arang tempurung kelapa sebesar 815,39 VHN. Dari hasil penelitian tersebut penulis menetapkan media donor arang tempurung kelapa akan digunakan pada penelitian ini.
3. Kuswanto (2010) dalam penelitian “perubahan harga tegangan Tarik *yield* Matrial baja karbon rendah setelah melalui proses *park carburizing*” melakukan proses *park carburizing*

pada material baja karbon rendah pada *temperature* 900°C dengan waktu penahanan 2 jam dan mendapatkan hasil meningkatnya kekuatan Tarik *yield* nya kenaikan dari harga rata-rata 31,766 kg/mm² menjadi 43,53 kg/mm². Dari hasil penelitian tersebut penulis menetapkan waktu penahanan 2 jam yang akan digunakan pada penelitian ini.

2.2 Kerang kijing (*Pilsbryconcha exilis*)

Kerang kijing adalah kerang dalam kelas moluska yang memiliki sepasang cangkang. Nama ilmiah dari kerang kijing adalah (*Pilsbryconcha exilis*) dan merupakan anggota dari *family pectinidae*. Kerang kijing (*Pilsbryconcha exilis*) merupakan salah satu kelompok organisme hewan yang tidak memiliki tulang belakang yang banyak ditemukan dan hidup di daerah *intertidal*. Kerang kijing memiliki sepasang cangkang dengan otot yang cukup kuat, cangkang kerang kijing memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) sebesar 39,55%, (Akbar, 2021). Yang tersusun atas zat kapur dan terdiri dari 3 (tiga) lapisan yaitu:

- a. Periostrakum, merupakan lapisan terluar, tipis, gelap dan tersusun atas zat tanduk.
- b. Prismatic, merupakan lapisan tengah yang tebal, tersusun atas kristal-kristal CaCO₃ yang berbetuk prisma.
- c. Nakreas, merupakan lapisan terdalam disebut juga lapisan mutiara, tersusun atas kristal (CaCO₃) yang halus dan berbeda dengan kristal-kristal pada lapisan prismatic.

Tinggi kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang kijing tersebut dapat dijadikan katalisator pada proses *carburizing* (Salamah et al., 2008).



Gambar 2.1 Gambar Cangkang Kerang Kijing.

2.3 Defenisi *Carburizing*

Penambahan karbon yang dikenal dengan *carburizing* atau karburiasi, dilakukan dengan pemanasan pada *temperature* yang cukup tinggi yaitu pada *temperature austenite* dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif berdifusi masuk kedalam permukaan baja sehingga mencapai kedalam tertentu. Setelah terjadi proses difusi dilanjutkan dengan proses pendinginan dengan media air secara cepat untuk mendapatkan permukaan yang lebih keras, dan tangguh bagian tengahnya.

Difusi menerapkan pergerakan atom atau molekul dalam suatu bahan yang membentuk komposisi seragam. Hukum pertama *fick* menyatakan bahwa difusi suatu unsur dalam bahan substrat merupakan fungsi dari koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom yang terdapat di sekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom dalam substrat.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju difusi yaitu temperatur, komposisi, dan waktu (Shaifudin, 2018). Pendinginan cepat pada proses *carburizing* bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang lebih keras akibat perubahan struktur mikro pada permukaan baja yang telah dilakukan karburisasi. Dari berbagai struktur mikro, martensit adalah yang paling keras dan yang paling tahan namun paling getas (Abdullah, 2019).

2.4 Katalisator

Katalis adalah suatu zat atau substansi yang dapat mempercepat reaksi (mengarahkan atau mengendalikan) tanpa dikonsumsi oleh reaksi, tapi bukan tanpa bereaksi. Katalis mempengaruhi laju reaksi, tanpa mengalami perubahan secara kimia pada akhir reaksi, dimana katalis yang digunakan adalah karbon aktif serbuk arang tempurung kelapa, arang tempurung kelapa mengandung air 6.24%, bahan yang menguap 5.46%, abu 54%, dan *fixed* karbon 87,76%, (Anggoro et al., 2013). Karbon aktif adalah senyawa karbon yang mengalami peningkatan daya adsorpsinya melalui proses aktivasi. Proses aktivasi melibatkan penghilangan hidrogen, gas-gas, dan air dari permukaan karbon, mengakibatkan perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini dipicu oleh pembentukan gugus aktif hasil interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen.

Karbon aktif memiliki komposisi sekitar 87% hingga 97% karbon, sementara sisanya terdiri dari hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen, bersama dengan senyawa-senyawa lain yang terbentuk selama proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya melebihi 0,2 cm³/gram, bahkan terkadang melebihi 1 cm³/gram. Luas permukaan internal karbon aktif yang telah diuji cenderung lebih dari 400 m²/gram, bahkan dapat mencapai lebih dari 1000 m²/gram (Sujita, 2016).

Karbon aktif dapat dihasilkan dari berbagai bahan dasar yang mengandung karbon, seperti batu bara, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, petrol coke, limbah pinus, dan kayu. Pemilihan bahan dasar ini tidak hanya memengaruhi kapasitas adsorpsi dan kinetika karbon aktif, tetapi juga membentuk struktur pori-pori besar yang dapat diamati melalui *Scanning Electron Micrographs* (SEM). Sebagai contoh, karbon aktif yang dibuat dari kayu cenderung memiliki struktur pori-pori besar yang lebih teratur jika dibandingkan dengan karbon aktif yang dibuat dari batu bara.

2.5 Baja Karbon Rendah

Baja merupakan jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu campuran dasarnya. Selain itu, baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti *sulfur* (S), *fasfor* (P), *silicon* (Si), *mangan* (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya terbatas. Sifat-sifat baja secara umum sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon dan struktur mikronya. Struktur mikro dalam

baja karbon memiliki pengaruh disebabkan perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan goresan dan ketahanan suhu baja. Perbedaan persentase karbon dalam campuran logam baja karbon merupakan salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja dibedakan menjadi 3 jenis, salah satunya adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon pada campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak mencukupi untuk membentuk struktur martensit (Hamzah & Iqbal, 2008).

Baja karbon rendah memiliki ciri khusus antara lain:

- a. Tidak akan merespon perlakuan panas yang dimaksudkan untuk membentuk martensit.
- b. Metode penguatnya dengan “*cold working*” struktur mikronya terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*.
- c. Relatif lunak, ulet dan Tangguh.
- d. Kemampuan las dan kemampuan mesin yang baik.
- e. Harga murah.

2.6 Quenching

Quenching merupakan proses pengerasan dimana logam dipanaskan hingga mencapai batas austenite yang homogen. Waktu pemanasan harus cukup untuk mencapai tingkat kehomogenan *austenite*. Proses selanjutnya adalah adalah baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada laju pendinginan yang diinginkan untuk mencapai kekerasan baja. Pada saat pendinginan yang cepat, fase *austenite* tidak sempat berubah menjadi *ferrite* atau *pearlite* karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam *austenite* untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit. Media pendingin yang digunakan pada proses ini adalah air.

Air memiliki senyawa kimia dengan rumus H_2O . Dalam satu molekul air tersusun atas dua atom *hydrogen* terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air memiliki ciri-ciri tidak berwarna, tidak terasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku $0^{\circ}C$ dengan titik didih $100^{\circ}C$ (Halliday dan Resnick, 1985). Air memiliki koefisien viskositas sebesar 0,001 Pa pada temperatur $20^{\circ}C$ (Giancoli, 1998). Proses *quenching* dengan menggunakan media air memberikan kinerja

pendinginan yang lebih cepat dibandingkan dengan oli (minyak) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang melewatinya sehingga proses terjadinya dingin dengan cepat. Kapasitas panas air hingga 10 kali lipat dari minyak sehingga didapatkan hasil kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Namun, penggunaan media pendingin air harus diperhatikan secara cermat karena dapat menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak (Abdullah, 2019).

2.7 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menentukan kekuatan suatu material. Dimana pengujian kekerasan yang digunakan adalah uji kekerasan *rockwell*. Pengujian kekerasan dengan metode *rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa kerucut intan yang ditekan oleh permukaan material uji tersebut.

2.8 Pengujian Impak Charpy

Pengujian impak *charpy* adalah salah satu metode uji tumbukan atau benturan pada material uji. Pengujian impak penting dilakukan untuk mengetahui kegetasan dan keuletan pada material benda uji terhadap pembebanan atau gaya kejut secara tiba-tiba yang di uji secara statik. Pengujian impak *charpy* merupakan standar pengujian laju regan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas.

2.9 Metode Desain Full Faktorial

Metode desain full faktorial digunakan untuk mengevaluasi efek intraksi dari berbagai faktor terhadap variabel respon dalam suatu eksperimen. Dengan memeriksa semua kombinasi mungkin dari tingkat-tingkat faktorial yang terlibat, metode ini memberikan pemahaman komprehensif tentang hubungan antar variabel. Kelebihan meliputi kemampuan untuk mengidentifikasi pengaruh utama intraksi, serta kemungkinan penerapan hasil eksperimen pada kondisi yang lebih luas. Meskipun memberikan informasi mendalam, desain ini tidak selalu

praktis dalam situasi dengan jumlah faktor atau tingkat yang tinggi. Dalam kasus ini, metode eksperimental yang lebih efisien untuk digunakan.

Dalam analisis ANOVA pada rancangan eksperimen faktorial, penentuan terhadap hipotesis nol (H0) bergantung pada perbandingan antara nilai F-hitung dan nilai F-tabel pada tingkat signifikansi yang telah ditentukan, umumnya sekitar 0,05. Jika F-hitung melebihi nilai F-tabel, atau jika nilai p (probabilitas) kurang dari tingkat signifikansi (α), keputusan yang diambil adalah menolak H0. Sebaliknya, jika F-hitung lebih kecil dari F-tabel atau jika nilai p (probabilitas) lebih besar dari α , H0 tidak dapat ditolak. Pemahaman ini memastikan interpretasi statistik yang benar, sambil tetap mempertimbangkan relevansi praktis dari hasil eksperimen.

Secara umum dalam analisis ANOVA nilai yang dihitung yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah kuadrat total

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Jumlah kuadrat mean

$$Adj MS : DF \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Jumlah kuadrat faktor

$$SS_{\text{Waktu penahanan}} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$SS_{\text{Persentase kerang}} = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$SS_{\text{AxB}} = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^a \sum_{b=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} - SS_{LP} - SS_{FV} \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Jumlah kuadrat eror

$$Jke = jkt - jkm - jkf = \dots\dots\dots(2.6)$$

5. F-hitung

$$Adj MS : Error adj MS \dots\dots\dots(2.7)$$

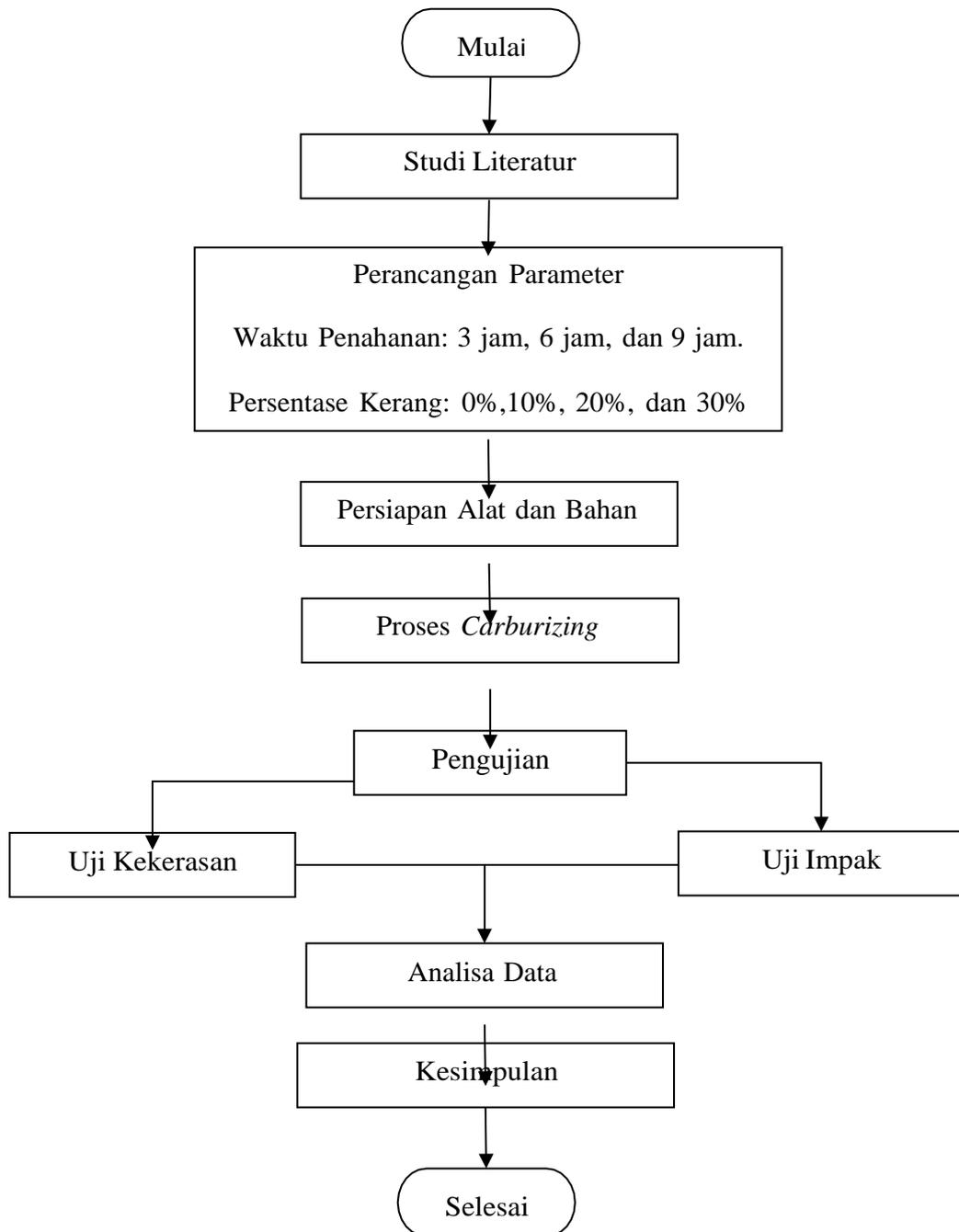
6. DF

$$Jumlah level - 1 \dots\dots\dots(2.8)$$

BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1 Diagram Penelitian



3.2 Studi Litelatur

Studi literatur dilakukan dengan mengakses berbagai sumber referensi, termasuk jurnal ilmiah, karya tulis ilmiah, buku dan materi yang tersedia secara daring. Fokus penelitian ini adalah untuk memahami metode penelitian uji terhadap penggunaan kerang kijing sebagai katalisator dalam proses *carburizing*. Dalam pendekatan ini, peneliti melakukan pencarian dan analisa terhadap data serta teori yang telah dilakukan para peneliti terdahulu terkait penggunaan cangkang kerang kijing sebagai katalisator dalam proses *carburizing*. Langkah-langkah ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif dan mendalam tentang pendekatan-pendekatan yang telah diterapkan sebelumnya dalam penelitian serupa. Melalui studi literatur ini, penelitian dapat merumuskan pendekatan penelitian yang sesuai dan memastikan bahwa terdapat teori yang kuat untuk mendukung penelitian uji yang dilakukan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur dapat digunakan sebagai referensi dan pembanding untuk hasil penelitian yang dihasilkan. Dengan demikian, peneliti dapat mengevaluasi kemajuan terhadap penelitiannya, sekaligus menjamin bahwa penelitian tersebut memenuhi standar ilmiah yang telah ditetapkan.

3.3 Perancangan Parameter Proses

Pengembangan parameter ini dilakukan setelah memahami secara umum tentang penelitian yang akan dilaksanakan dengan membaca publikasi-publikasi penelitian terdahulu. Dengan mengacu pada referensi dan panduan yang telah dipelajari, parameter proses dapat dirancang dengan persentase kerang 10%, 20%, dan 30%, dengan persentase serbuk arang aktif batok kelapa 90%, 80%, dan 70%, dengan waktu penahanan selama 3 jam, 6 jam, dan 9 jam.

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

Selama proses pembuatan sampel penelitian, langkah-langkahnya dilakukan di bengkel yang terletak di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Sementara pengambilan data uji dampak dan uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

3.4.1 Alat yang digunakan

1. Mesin gerinda tangan

Mesin gerinda tangan yang digunakan untuk proses pemotongan benda uji.



Gambar 3.1 Mesin Gerinda Tangan.

2. Timbangan digital

3. Timbangan digital atau timbangan digunakan untuk menimbang serbuk arang aktif batok kelapa dan serbuk cangkang kerang kijang (CaCO_3) yang akan digunakan untuk proses *carburizing* sesuai dengan persentase berat arang dan cangkang kerang (CaCO_3) yang diperlukan.



Gambar 3.2 Gambar Timbangan Digital.

4. Mesin frais

Mesin frais digunakan untuk membuat takikan dan *marking proses* benda kerja.



Gambar 3.3 Mesin Frais.

5. Oven/Tungku

Oven/Tungku yang digunakan sebagai alat pemanasan pada proses *carburizing*.



Gambar 3.4 Oven/Tungku.

6. Bak Penampung Air

Bak penampung digunakan untuk menampung air yang digunakan sebagai media pendingin.



Gambar 3.5 Bak Penampung Air.

7. Kotak *carburizing*

Kotak *carburizing* digunakan untuk tempat Baja St. 42 pada waktu pemanasan pada proses *carburizing*, dengan panjang 180 cm, lebar 60 cm, tinggi 60 cm.



Gambar 3.6 Kotak Carburizing.

8. Alat Uji Kekerasan *Rockwell*

Rockwell digunakan sebagai alat untuk uji kekerasan pada proses *carburizing*.



Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan.

9. Alat Uji Impak *Charpy*

Alat uji impak yang digunakan untuk alat uji impak pada proses *carburizing*.



Gambar 3.8 Alat Uji Impak.

3.4.2 Bahan yang digunakan

1. Baja Tipe St. 42

Baja tipe St. 42 digunakan sebagai benda kerja dalam penelitian ini, dengan ukuran tebal 10 mm, lebar 10 mm, panjang 50 mm, dengan kedalaman takik 2 mm, dengan sudut 45°.



Gambar 3.9 Baja Tipe St. 42.

2. Arang Aktif Batok Kelapa

Arang aktif batok kelapa yang digunakan sebagai media *carburizing*.



Gambar 3.10 Arang Aktif Batok Kelapa.

3. Katalisator Kalsium Karbonat

Kalsium karbonat (CaCO_3) yang digunakan yaitu kerang kijing yaitu digunakan sebagai katalisator yaitu bahan untuk mempercepat proses penambahan karbon.



Gambar 3.11 Kalsium Karbonat Kerang Kijing.

4. Air

Air digunakan sebagai media pendingin.



Gambar 3.12 Media Pendingin.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Proses *carburizing* dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Proses pembuatan sampel uji dengan spesimen awalnya berbentuk persegi panjang dengan ukuran diameter awal tinggi 12 mm, lebar 12 mm dan panjang 57 mm kemudian dilakukan proses pengfresan sesuai dengan ASTM E23 dengan ukuran tinggi 10 mm, lebar 10 mm, panjang 55 mm dan takik dengan kedalaman 2 mm dengan sudut 45° .



Gambar 3.13 Benda Kerja

2. Setelah benda kerja siap kemudian kita campurkan arang batok kelapa dengan katalisator yaitu serbuk cangkang kerang kijing sebagai katalis.



Gambar 3.14 Proses Pencampuran.

3. Setelah semua tercampur kemudian masukan benda kerja ke dalam wadah/kotak *carburizing* dengan menempatkan benda kerja di tengah tumpukan arang dan katalisator.



Gambar 3.15 Proses Pemasukan Benda Kerja Kedalam Kotak *Carburizing*.

4. Setelah benda kerja dimasukan kedalam kotak *carburizing* setelah itu proses penutupan. Supaya kotak tertutup dengan rapat digunakan tanah liat proses ini dilakukan bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi antara media *carburizing* dengan udara luar.



Gambar 3.16 Proses Penutupan.

5. Setelah selesai proses penutupan dengan menggunakan tanah liat (*clay*) kemudian kotak carburizing dimasukkan ke dalam oven untuk proses pengovenan dengan suhu 900°C dengan waktu pemanasan 3 jam, 6 jam, dan 9 jam.



Gambar 3.17 Proses Pemasukan Kotak *Carburizing* Ke Dalam Oven.

6. Kemudian dilakukan proses pengovenan dengan waktu 3 jam, 6 jam, dan 9 jam, dengan suhu 900°C kemudian dikeluarkan dari oven dengan besi pengait lalu langsung dicelupkan ke dalam bak berisi air secara cepat.



Gambar 3.18 Proses Pengeluaran Kotak *Carburizing* Dari Dalam Oven.

7. Setelah kotak *carburizing* dikeluarkan dari dalam oven setelah itu dimasukkan ke dalam bak yang berisi air secara cepat.



Gambar 3.19 Proses Pencelupan Kotak *Carburizing* Kedalam Bak Penampung.

8. Setelah benda kerja melalui proses *pack carburizing*, benda kerja di lakukan uji kekerasan menggunakan uji kekerasan *rockwell* untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan setelah melewati proses *carburizing*.



Gambar 3.20 Proses Pengujian Kekerasan *Rockwell*.

9. Setelah dilakukan uji kekerasan selanjutnya dilakukan uji impak dengan menggunakan alat uji impak untuk mengetahui struktur dalam benda kerja getas atau uletnya suatu benda kerja setelah dilakukan proses *carburizing*.



Gambar 3.21 Proses Pengujian Impak.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan ada 4;

1. Variabel terikat pada penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kulit dari kerang kijing dapat digunakan dalam proses *carburizing*.
2. Variabel bebas pada penelitian ini adalah waktu dan persentase dalam proses *carburizing* dengan spesimen waktu 3 jam, 6 jam dan 9 jam dan persentase kerang 0%, 10% , 20%, dan 30 %.
3. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekerasan dan nilai impak baja St. 42 dengan menggunakan pengujian *rocwell* dan pengujian impak sesuai dengan standar ASTM E23.
4. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah temperatur penahanan pada proses *carburizing* dengan 900°C.

3.7 Ekperimen

Adapun tahapan-tahapan pembuatan sampel *carburizing*:

- 1) Proses pembuatan benda kerja dengan metode charpy ASTM E23.
- 2) Proses persiapan matrial pada tahap ini sudah ditentukan variasi dari cangkang kerang kijing dan serbuk arang tempurung kelapa.
- 3) Proses pembuatan kotak *carburizing*.
- 4) Proses pencampuran semua matrial di dalam kotak *carburizing* meliputi baja St. 42, serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk cangkang kerang kijing dengan persentase 0%, 10%, 20%, dan 30%.
- 5) Proses pemanasan sesuai dengan variasi yang sudah ditentukan yaitu 3 jam ,6 jam dan 9 jam.
- 6) Proses pengujian kekerasan dan uji impak.
- 7) Proses *quenching* dengan menggunakan media berupa air.

3.8 Pencampuran Bahan

Bahan utama yang digunakan di penelitian ini adalah karbon aktif serbuk arang batok kelapa dan serbuk kerang kijing sebagai katalisator yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi karbon pada baja St. 42 dengan persentase serbuk kerang kijing 0%, 10%, 20%, dan 30% dan karbon

aktif serbuk arang batok kelapa dengan persentase 100%, 90%, 80%, dan 70%, dengan waktu pemanasan 3 jam, 6 jam, dan 9 jam.

3.9 Proses *Pack Carburizing*

Tahap awal proses ini yaitu mencampurkan karbon aktif arang batok kelapa dan serbuk kerang kijing (CaCO_3) kedalam kotak *carburizing* setelah itu ditutup dengan tanah liat supaya tidak ada udara yang masuk. Selanjutnya melakukan pemanasan dengan memasukan media *carburizing* kedalam oven dengan suhu hingga temperatur 900°C dengan waktu yang sudah ditetapkan.

3.10 Proses Pendinginaan

Setelah melakukan pemanasan hingga mencapai temperatur 900°C dengan waktu variasi yang sudah ditetapkan selanjutnya dilakukan pendinginan spesimen dengan media air. Proses ini dilakukan supaya terperangkapnya karbon pada benda kerja baja St. 42.

3.11 Pelaksanaan Penelitian

Ada beberapa tahap dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu;

3.11.1 Pembuatan Benda Uji

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja karbon rendah St. 42. Dengan banyaknya benda uji adalah 27 buah, untuk proses *carburizing* menggunakan persentase 10%, 20%, 30% cangkang kerang kijing dengan waktu yang berbeda masing-masing 3 jam, 6 jam, dan 9 jam.

Spesimen awal berbentuk persegi dengan ukuran 250 x 250 kemudian dilanjutkan Pemotongan benda kerja. Pemotongan awal dilakukan dengan grinda tangan dengan ukurang tinggi 12 mm, lebar 12 mm dan panjang 57 mm. Selanjutnya proses pengfraisan untuk membentuk permukaan sesuai dengan metode ASTM E23 dengan tinggi 10 mm, lebar 10 mm, 55 mm dengan takikan yang berbetuk v dengan kedalaman 2 mm dengan sudut 45° .



Gambar 3.22 Gambar Spesimen

3.11.2 Proses *Carburizing*

Langkah-langkah proses *carburizing* adalah sebagai berikut:

1. Proses pemotongan benda uji dengan dengan ukuran tinggi 12 mm, lebar 12 mm dan panjang 57 mm dengan menggunakan mesin grinda tangan.
2. Proses pembentukan benda uji dengan menggunakan mesin frais sesuai dengan standar ASTM E23 dengan ukuran tinggi 10 mm, lebar 12 mm dan panjang 55 mm.
3. Menghancurkan cangkang kerang kijing hingga menjadi serbuk yang akan digunakan sebagai katalisator dan arang aktif tempurung kelapa sebagai sumber katalisator pada proses *carburizing*.
4. Proses penimbangan serbuk cangkang kerang kijing dengan persentase 10%, 20%, dan 30%.
5. Mencampurkan serbuk cangkang kerang kijing dengan persentase 10%, 20%, dan 30% dengan lama waktu penahanan yang berbeda yaitu 3 jam, 6 jam, dan 9 jam.
6. Benda kerja dimasukkan ke dalam kotak karburisasi yang telah diisi campuran arang aktif tempurung kelapa dan serbuk cangkang kerang kijing sebagai katalisator. Peletakan benda kerja di dalam kotak harus diperhatikan dengan baik. Seluruh permukaan benda kerja harus tertutup seluruh nya oleh campuran serbuk arang aktif tempurung kelapa dan cangkang kerang kijing. Jarak antara benda kerja dan dinding-dinding kotak harus sama. Kemudian kotak ditutup dengan rapat setelah itu dilakukan proses pengeleyan dengan menggunakan tanah liat supaya kotak kedap udara.
7. Kemudian proses penahanan sesuai variasi waktu yang telah ditentukan yaitu 3 jam, 6

jam, dan 9 jam, dengan suhu penahanan 900°C.

8. Setelah itu kotak dikeluarkan dari oven sesuai dengan variasi waktu yang sudah ditentukan. Dan dilanjutkan dengan proses *quenching* dengan menggunakan air.

3.12 Pengujian Sempel

3.12.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah pengujian dengan metode *rockwell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (spesimen) berbentuk kerucut intan (HRC) yang ditekan pada permukaan benda uji sebanyak 3 kali dengan titik pengujian yang berbeda-beda.

3.12.2 Pengujian Impak

Pengujian impak yang digunakan yaitu uji impak *charpy*, dimana uji impak *charpy* adalah salah satu metode uji tumbukan atau benturan pada benda uji.

Pengujian impak *charpy* yang digunakan yaitu standar pengujian ASTM E23 yang menentukan jumlah energi yang diserap bahan selama terjadi penahanan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan.

3.12.3 Pengolahan Data

Pengolahan atau pengujian data meliputi pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *rockwell* adapun pengujian impak menggunakan metode *charpy* sesuai dengan standar ASTM E23. Selanjutnya data dari pengujian kekerasan dan pengujian impak dimasukkan kedalam tabel dan grafik. Untuk mengetahui kelayakan arang aktif tempurung kelapa dan serbuk cangkang kerang kijing setelah proses *carburizing*. Berikut ini tabel pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Pengujian kekerasan

No	Lama penahanan	Persentase serbuk cangkang kerang	Nilai kekerasan (HRC)			Rata-rata
			Spesimen			
			1	2	3	
1	3 Jam	10%				
2	3 Jam	20%				
3	3 Jam	30%				
4	6 Jam	10%				
5	6 Jam	20%				
6	6 Jam	30%				
7	9 jam	10%				
8	9 Jam	20%				
9	9 Jam	30%				

Berikut ini tabel pengujian dampak dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Pengujian dampak

No	Lama penahanan	Persentase serbuk cangkang kerang	Nilai Dampak (j/mm ²)			Rata-rata
			Spesimen			
			1	2	3	
1	3 Jam	10%				
2	3 Jam	20%				
3	3 Jam	30%				
4	6 Jam	10%				
5	6 Jam	20%				
6	6 Jam	30%				
7	9 jam	10%				
8	9 Jam	20%				
9	9 Jam	30%				

3.13 Analisa Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan metode desain eksperimen faktorial. Waktu penahanan dan variasi serbuk cangkang kerang kijing sebagai faktor yang memiliki 3 level. Level antar parameter dapat dipangkatkan dengan banyaknya faktor sehingga didapatkan 9 kombinasi parameter dengan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga banyak data yang diperoleh yaitu 27 data, dengan 0% cangkang kerang kijing sebagai pembanding.

Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji

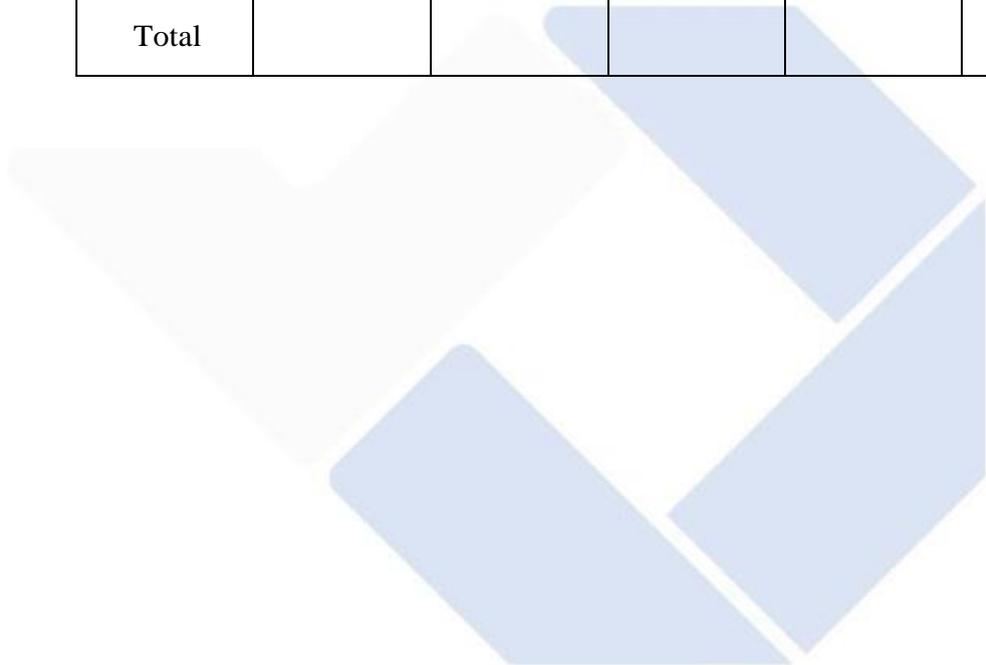
Faktor	Level		
Waktu penahanan	3 jam	6 jam	9 jam
Persentase cangkang kerang kijing	10%	20%	30%

Tabel 3.4 Desain Full Faktorial

Ekprimen	Waktu penahanan	Persentase kerang (%)
1	3 Jam	10%
2	3 Jam	20%
3	3 Jam	30%
4	6 Jam	10%
5	6 Jam	20%
6	6 Jam	30%
7	9 Jam	10%
8	9Jam	20%
9	9 Jam	30%

Tabel 3.5 Uji ANOVA

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F tabel	F hitung
Waktu penahanan					
Persentase kerang					
Error					
Total					



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sempel Uji

Sempel uji yang digunakan adalah baja St. 42 dimana baja ini sering digunakan untuk baja konstruksi sebuah bangunan. Untuk mengetahui kelayakan kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam baja tersebut dilakukan uji komposisi kimia. Dari pengujian menunjukkan bahwa baja tersebut tergolong baja karbon rendah karena unsur karbon baja kurang dari 0,3%.

Tabel 4.1 Menunjukkan komposisi yang terdapat pada baja karbon St. 42 tanpa proses *carburizing*.

UNSUR	KOMPOSIS (%)
C	0,15-0,35%
Si	0,15-0,25%
P	0,3%
S	0,35%
Mn	0,3-0,6%

4.2 Proses Pengujian Kekerasan Setelah Proses *Carburizing*.

Setelah spesimen uji melalui proses *carburizing* selanjutnya menyiapkan peralatan yang digunakan untuk proses pengujian kekerasan seperti alat uji kekerasan *hardness tester*. Setelah menyiapkan peralatan kemudian dilakukan uji kekerasan pada spesimen yang sudah ditentukan dengan titik pengujian yang berbeda-beda dengan titik pengujian sebanyak tiga titik.



Gambar 4.1 Alat uji kekerasan *hardness tester*.

4.3 Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan dengan Katalisator pada Proses *Carburizing*

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat kekerasan *portable*. Dimana nilai kekerasan didapatkan secara otomatis ketika alat uji ditekan dan nilai kekerasan langsung terbaca dilayar alat uji *portable*. Nilai kekerasan ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji rata-rata kekerasan 10%, 20%, dan 30%, katalisator serbuk kerang kijing.

No	Waktu /jam	Persentase kerang Kijing	Uji kekerasan Spesimen			Rata-rata
			1	2	3	
1	3	10%	20,33	21,00	24,67	22,00
2	3	20%	17,7	16,20	17,63	17,2
3	3	30%	19,53	23,30	16,53	19,79
4	6	10%	35,37	36,00	23,97	31,78
5	6	20%	33,60	33,40	22,10	29,70
6	6	30%	31,63	27,03	33,76	30,81
7	9	10%	44,40	34,40	34,87	37,89
8	9	20%	31,73	31,23	30,77	31,24
9	9	30%	34,60	33,20	35,60	34,47

Tabel 4.2 Menunjukkan data rata-rata kekerasan benda kerja dengan 10%,20% dan 30% katalisator serbuk cangkang kerang kijing.

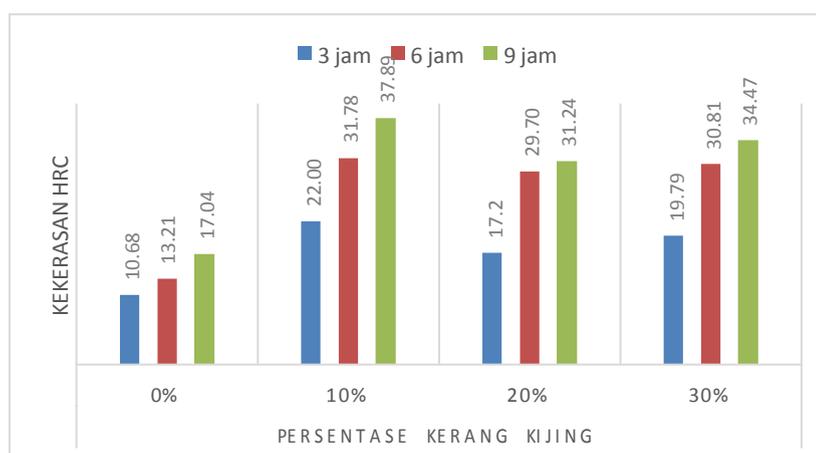
Hasil uji kekerasan dari 10%, 20%, dan 30%, selanjutnya dibandingkan dengan nilai kekerasan 0% tanpa katalisator dengan waktu 3 jam ,6 jam dan 9 jam dengan menggunakan uji kekerasan *rockwell*. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel sebagai berikut;

Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan 0% katalisator menggunakan baja St. 42.

No	Waktu Penahanan	Persentase kerang kijing	Uji kekerasan Spesimen			Rata Rata
			1	2	3	
1	3 jam	0%	11,2	8,6	12,26	10,68
2	6 jam	0%	14,23	13	12,4	13,22
3	9 jam	0%	16,43	20,23	14,46	17,04

Tabel 4.3 menunjukkan data kekerasan benda kerja dengan 0% katalisator serbuk cangkang kerang kijing.

Berdasarkan tabel 4.2 dan 4.3 jika dibuat dalam bentuk grafik maka didapatkan sebuah grafik seperti pada grafik gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Nilai Kekerasan Setelah Proses *Carburizing*.

Dapat dilihat, nilai kekerasan dari semua spesimen yang dilakukan penahanan dengan menggunakan variasi 0% 10%, 20%, dan 30%, serbuk cangkang kerang kijing dengan lama waktu 3 jam, 6 jam, s.d 9 jam kemudian di *quenching* meningkat jika dibandingkan dengan variasi 0%. Berdasarkan grafik dan nilai rata-rata uji kekerasan, hasil terbaik pengujian terdapat pada perbandingan volume serbuk cangkang keraang kijing 10% dengan lama waktu penahan 9 jam dengan rata-rata nilai 37,89 HRC. Harga nilai tertinggi didapatkan karena lama waktu penahanan dan variasi serbuk cangkang kerang kijing dengan nilai terendah didapatkan dari hasil tanpa katalisator cangkang kerang kijing dengan persentase 0% cangkang kerang kijing dengan waktu penahanan 3 jam rata-rata 10,68 HRC. Nilai kekerasan yang didapatkan setelah proses *carburizing* dengan persentase kerang kijing dan lama waktu penahanan mengalami peningkatan yang cukup signifikan. yang menjelaskan bahwa pada proses *carburizing* dengan katalisator cangkang kerang kijing dan penahanan selama 9 jam dapat menambah sumber karbon dan dapat meningkatkan kekerasan pada benda uji baja St. 42.

4.4 Analisis Of Variance Kekerasan

Setelah data uji kekerasan didapatkan maka data tersebut dihitung menggunakan *Analisis of variance* dengan menggunakan *software* excel dan diverifikasi menggunakan *software* minitab, perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat dilihat pada lampiran. Berikut ini tabel hasil perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.3 Data analisis of variasi uji kekerasan.

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F table	F hitung
Waktu penahanan	2	9692,1	4846,1	3,44	32,40
Persentase kerang	2	418,0	209,0	3,44	1,40
Error	22	3291	149,6		
Total	26	1340			

Tabel 4.4 Data analisis of variasi uji kekerasan.

Adapun hipotesis null pada penelitian ini adalah :

1. H_0 = perbedaan lama waktu penahanan tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
2. H_1 = perbedaan lama waktu penahanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
3. H_0 = perbedaan persentase cangkang kerang tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
4. H_1 = perbedaan persentase cangkang kerang berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
5. Hipotesis tersebut dilakukan kriteria uji sebagai berikut :
 H_0 ditolak apabila $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ dan apabila $F\text{-hitung} < F\text{-tabel}$ maka H_0 gagal ditolak. Keputusan yang diambil terhadap hasil *Analysis of Variance* data eksperimen untuk nilai kekerasan yaitu :
 1. Hasil perhitungan dari faktor A (lama waktu penahanan), nilai dari $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ sehingga gagal menolak H_1 . Dapat disimpulkan bahwa lama waktu penahanan mempengaruhi

nilai kekerasan.

2. Dari perhitungan dari faktor B (persentase serbuk cangkang kerang kijing), nilai dari $F\text{-hitung} < F\text{-tabel}$ sehingga gagal menolak H_1 . Dapat disimpulkan bahwa persentase serbuk cangkang kerang kijing tidak mempengaruhi nilai kekerasan.

4.5 Hasil Uji Impak

Setelah melewati proses perlakuan panas yang berkonsentrasi pada pengerasan permukaan menggunakan proses *carburizing* sesuai dengan spesimen yang sudah ditentukan yaitu 10%, 20%, dan 30%, katalisator selanjutnya diuji impak menggunakan alat uji impak sesuai dengan standar ASTM E23.

Setelah spesimen uji melalui proses *carburizing* selanjutnya menyiapkan peralatan yang digunakan untuk proses pengujian impak seperti alat uji impak *charpy*. Setelah menyiapkan peralatan tersebut uji impak. Uji impak dilakukan dengan metode *charpy* dan metode pembuatan spesimen mengacu kepada standar ASTM E23. Spesimen yang digunakan dalam uji impak dibuat dengan pengulangan 3 spesimen kemudian diambil nilai rata-ratanya. Berikut gambar proses pengujian kekerasan pada spesimen ditunjukkan pada gambar 4.3 serta hasil gambar spesimen yang telah di uji kekerasan ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Gambar uji impak.

Tabel 4.5 Hasil uji rata-rata impak 10%, 20%, dan 30%, katalisator serbuk kerang kijing.

No	Waktu/Jam	Persentase Kerang Kijing	Uji impek Spesimen			Rata- Rata
			1	2	3	
1	3	10%	0,28375	0,325	0,3975	0,3354
2	3	20%	0,5125	0,61875	0,33125	0,4875
3	3	30%	0,6625	0,2875	0,625	0,525
4	6	10%	0,3375	0,2	0,3175	0,2833
5	6	20%	0,475	0,6	0,3275	0,4458
6	6	30%	0,5075	0,3	0,37625	0,3945
7	9	10%	0,1375	0,125	0,15	0,1375
8	9	20%	0,2625	0,275	0,225	0,2541
9	9	30%	0,24375	0,21875	0,23125	0,23125

Tabel 4.5 menunjukkan data rata-rata kekerasan benda kerja dengan 10%, 20% dan 30% katalisator serbuk cangkang kerang kijing.

Hasil uji impact selanjutnya dibandingkan dengan nilai uji impact 0% tanpa katalisator. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel sebagai berikut;

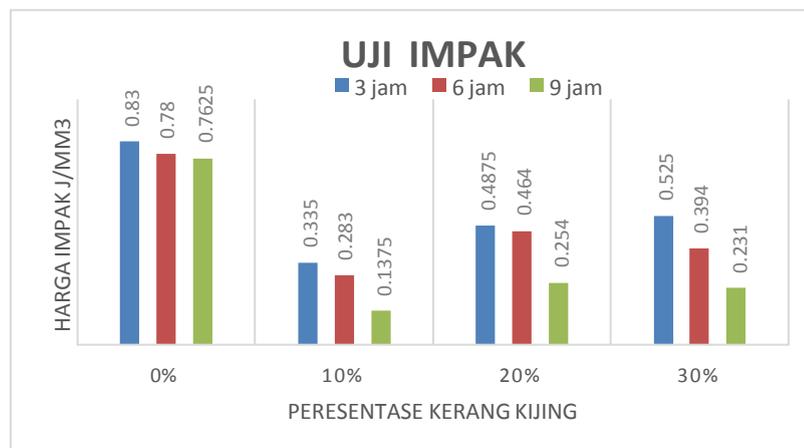
Tabel 4.6 Nilai rata-rata uji impact 0% cangkang kerang kijing.

No	Waktu penahanan	Persentase kerang kijing	Uji impact Spesimen			Rata Rata
			1	2	3	
1	3 jam	0%	0,875	0,675	0,95	0,833
2	6 jam	0%	0,8	0,75	0,8	0,7833
3	9 jam	0%	0,7125	0,75	0,825	0,7625

Tabel 4.6 menunjukkan data nilai uji impact benda kerja dengan 0% katalisator serbuk cangkang kerang kijing.

Berdasarkan tabel 4.5 dan 4.6 jika dibuat dalam bentuk grafik maka didapatkan sebuah grafik seperti pada gambar grafik 4.3 dibawah ini.

Gambar 4.3 Grafik Nilai Impact Setelah Proses *Carburizing*.



Dapat dilihat pada gambar grafik 4.3, nilai impact dari semua spesimen yang dilakukan penahanan dengan menggunakan variasi 10%, 20% dan 30% dengan lama waktu 3 jam, 6 jam dan 9 jam kemudian di lakukan proses pendinginan.

Setelah di lakukan proses pendinginan menurun jika dibandingkan dengan variasi 0%. Berdasarkan grafik dan nilai rata-rata uji impact hasil terbaik pengujian terdapat pada perbandingan volume serbuk cangkang kerang kijing 10% dengan lama waktu penahan 9 jam dengan rata-rata nilai terendah 0,1375 j/mm². Harga nilai terendah didapatkan karena lama waktu penahanan dan variasi serbuk cangkang kerang kijing. Dengan nilai tertinggi didapatkan dari hasil tanpa katalisator serbuk cangkang kerang kijing dengan persentase 100% sumber karbon aktif dengan waktu penahanan 3 jam rata-rata nilai tertinggi 0,79 j/mm². Nilai uji impact yang didapatkan setelah proses *carburizing* dengan persentase serbuk cangkang kerang kijing dan lama waktu penahanan mengalami penurunan yang cukup signifikan yang menjelaskan bahwa pada proses dengan katalisator serbuk cangkang kerang kijing dapat menambah sumber karbon namun dapat mengurangi harga impact pada benda uji baja St. 42.

4.6 Analisis Of Variance Nilai Harga Impact

Setelah data uji nilai impact didapatkan maka data tersebut dihitung menggunakan *Analysis of Variance* dengan menggunakan *software excel* dan diverifikasi menggunakan *software minitab*, perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat dilihat pada lampiran 10. Berikut ini tabel hasil perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data analisis varian nilai uji impact.

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F tabel	F hitung
Waktu penahanan	2	0,316331	0,158166	3,44	7,68
Persentase kerrang	2	0,014299	0,007150	3,44	0,35
Error	22	0,453030	0,020592		
Total	26	0,783661			

Adapun hipotesis null pada penelitian ini adalah:

1. H_0 = perbedaan lama waktu penahanan tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
 H_1 = perbedaan lama waktu penahanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
2. H_0 = perbedaan persentase cangkang kerang tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
 H_1 = perbedaan persentase cangkang kerang berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel uji.
3. Hipotesis tersebut dilakukan kriteria uji sebagai berikut:
 H_0 ditolak apabila $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ dan apabila $F\text{-hitung} < F\text{-tabel}$ maka H_0 gagal ditolak. Keputusan yang diambil terhadap hasil *Analysis of Variance* data eksperimen untuk nilai kekerasan yaitu:
 1. Hasil perhitungan dari faktor A (lama waktu penahanan), nilai dari $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ sehingga gagal menolak H_1 . Dapat disimpulkan bahwa lama waktu penahanan mempengaruhi nilai harga impact.
 2. Dari perhitungan dari faktor B (persentase serbuk cangkang kerang kijing), nilai dari $F\text{-hitung} < F\text{-tabel}$ sehingga gagal menolak H_1 . Dapat disimpulkan bahwa persentase serbuk cangkang kerang kijing tidak mempengaruhi nilai harga impact.

Berdasarkan hasil data pengujian yang didapatkan maka selanjutnya data tersebut dibandingkan dengan data penelitian 0% cangkang kerang kijing yang berfungsi untuk mengetahui kelayakan cangkang kerang kijing sebagai katalisator pada proses *carburizing*. Data perbandingan dapat dilihat seperti tabel 4.8 dibawah.

Tabel 4.8 Data perbandingan

NO	Persentase cangkang kerang			
	0%	10%	20%	30%
Nilai kekerasan	17,04	37,89	31,24	34,47
Nilai dampak	0,79	0,13	0,25	0,23

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai kekekerasa proses *carburizing* dengan menggunakan 0% cangkang adalah 17,04 HRC dan nilai rata-rata kekerasan meningkat secara signifikan dengan menggunakan cangkang kerang kijing sebagai katalisator dan lama waktu penahanan saat proses *carburizing*. Hasil pengujian maupun penelitian dapat diketahui sifat mekanis nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi 10% katalisator kerang kijing dengan waktu penahanan selama 9 jam akan mengalami peningkatan kekerasan yang sangat signifikan yaitu sebesar 37,89 HRC, selanjutnya, nilai uji dampak dengan 0% cangkang kerang kijing adalah 0,79 j/mm². Berbanding terbalik dengan kekerasan, nilai uji dampak mengalami penurunan pada waktu 9 jam dengan persentase 10%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan persentase serbuk kerang kijing 10% dan semakin lama waktu penahanan, nilai kekerasan yang didapat akan semakin tinggi dan akan berbanding terbalik dengan hasil nilai uji dampak yang rendah.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil uji kekerasan dan uji impak pada baja St. 42, setelah proses *carburizing* dengan menggunakan 10% ,20%, dan 30%, cangkang kerang kijing dan persentase serbuk karbon arang aktif tempurung kelapa 90%, 80%, dan 70%, dengan lama waktu penahanan 3 jam, 6 jam, dan 9 jam dan 0% cangkang kerang kijing sebagai pembanding. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perbedaan waktu penahanan pada proses *carburizing* dapat mempengaruhi nilai kekerasan karena lama waktu penahanan dapat menghasilkan penambahan sumber karbon yang signifikan. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penahanan maka semakin banyak pula sumber karbon yang diserap dari proses *carburizing*. Berbanding terbalik dengan kekerasan, nilai harga impak mengalami penurunan karena semakin lama waktu penahanan pada proses *carburizing* semakin rendah pula harga impak yang didapat dari spesimen tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu penahanan pada proses *carburizing* maka nilai kekerasan yang didapat akan semakin meningkat dan nilai keuletan pada spesimen akan semakin menurun.
2. Perbedaan persentase cangkang kerang kijing pada spesimen *carburizing* dapat mempengaruhi nilai kekerasan dan nilai uji impak yang dihasilkan. Karena hal tersebut dapat di buktikan dengan data nilai kekerasan tertinggi terdapat pada persentase serbuk cangkang kerang kijing 10% dan persentase dari serbuk karbon aktif tempurung kelapa 90% yaitu sebesar 37,89 HRC. Berbanding terbalik dengan kekerasan nilai uji impak mengalami penurunan pada persentase 10% dan persentase dari serbuk karbon aktif tempurung kelapa 90% yaitu 0,752 j/mm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan persentase serbuk cangkang kerang kijing 10%, nilai kekerasan yang didapat akan semakin meningkat dan akan berbanding terbalik dengan hasil nilai uji impak yang rendah.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian yang berkaitan pemanfaatan cangkang kerang kijing sebagai katalistor pada proses *carburizing*, maka penulis memberikan saran agar dapat membantu peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitian yaitu:

1. Penelitian ini harus diteliti dengan lebih detail lagi dengan menggunakan uji struktur mikro.
2. Menambah parameter lain kedalam penelitian seperti di variasikan persentase cangkang kerang kijing.
3. Menggunakan alat *safety* seperti sepatu *safety*, sarung tangan, *apron* dada dan *apron* lengan pada saat proses pengangkatan spesimen uji dari oven/tungku pemanas.
4. Lebih berhati-hati serta teliti pada saat melakukan proses pembuatan spesimen agar memperoleh hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2019). *Pengaruh Quenching Pada Proses Carburizing Baja St 41 Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan*. 1–45.
- Anggoro, D. Y., Raharjo, S., & Solechan, -. (2013). Pengaruh *Pack Carburising* Dengan Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan Roda Gigi *Fly Wheel* Daihatsu. In *Traksi* (Vol. 13, Issue 1, p. 33). <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jtm/article/view/759>
- Hamzah, M. S., & Iqbal, D. M. (2008). Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode *Carburizing*. In *Jurnal SMARTek* (Vol. 6, Issue 3, pp. 169–175).
- Kemendikbud. (2020). Karburasi Baja Karbon Rendah. In Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi. <http://p4tkboe.kemdikbud.go.id/bppmpvboe/berita/detail/karburasi-baja-karbon-rendah>
- Mustaring, H., Patang, P., & M. (2021). Pemanfaatan Kerang Kijing (*Pilsbryconcha Exilis*) Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Kerupuk. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(2), 151-162.
- Nazir, F. N. S. (2020). Pemanfaatan Limbah Cangkang Hijau (*Perna viridis*) sebagai Bahan Abrasif dalam Pasta Gigi. In *Skripsi, Universitas Airlangga* (p. 41).
- Salamah, E., Ayuningrat, E., & Purwaningsih, S. (2008). Penapisan awal komponen bioaktif dari kijing taiwan (: *Vol. XI* (Issue 0251, pp. 119–133).
- Santoso, P. (2022). Studi Penangkapan Kerang Darah (*Anadara granosa*) Menuju Pengembangan Budidayanya di Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang. In *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)* (Vol. 2, Issue 2, p. 24). <https://doi.org/10.35726/jvip.v2i2.601>
- Shaifudin, A. (2018). Optimalisasi difusi karbon dengan metode *pack carburizing* pada baja St. 42. In *Jurnal Mesin Nusantara* (Vol. 22, Issue 1, pp. 27–34). <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/JMN/article/download/12293/956>
- Sujita, S. (2016). Proses *Pack Carburizing* dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang

Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara. In *Mechanical* (Vol. 7, Issue 2).
<https://doi.org/10.23960/mech.v7.i2.201606>

Teknologi, D., Perairan, H., Perikanan, F., Ipb, K., & Bahan, A. (2010). Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Cangkang Kijing Lokal (*Pilsbryoconcha exilis*). In *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* (Vol. 13, Issue 1, pp. 48–57).

LAMPIRAN :

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Lukman Hakim

Tempat & Tanggal Lahir : Balunijuk, 03-08-2002

Alamat Rumah : JL. Raya Balunijuk Dusun 1
Kecamatan Merawang
Telp: 081440083073

Hp: 081440083073

Email : lukmanmankc@gmail.com

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 14 Merawang 2008-2013

SMP Negeri 2 Merawang 2014-2017

SMA Negeri 1 Merawang 2018-2020

Sungailiat, 27 Desember 2023



Lukman Hakim

Lampiran 2 Sertifikat Baja St. 42



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONGBUK, KOREA(573-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(QA)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)

Date : 2017-04-20
Cert. No. : 201704-207465
Customer :
Heat No. : 269824

Steel Grade : AISI 1042/ST42
Shape of Product : PLATE SHEET
Delivery Condition : FOUR SQUARE PLATE
Size (mm) : 1 - 100
Length (mm) : 2,400
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1

Inspection Items		Chemical Composition (wt. %)				
		C	SI	MN	P	S
		x 100	x 100	x 100	x 100	x 1000
Spec.	Min.	15	15	3	3	35
	Max.	35	25	6		
	Result	30	25	4	MAX	MAX
Inspection Items		Product Hardness (HB)				
		SURFACE	160 HB			

Mechanical Properties AISI 1042/ST42

Mechanical Properties	Symbol	Steel
Young's modulus (GPa)	<i>E</i>	190 - 210
Poisson's ratio	<i>v</i>	0,26
Density (Kg/m ³)	<i>P</i>	7.860
Yield strength (MPa)	<i>S_y</i>	205 - 245
Tensile strength (MPa)	<i>S_t</i>	400 - 510
Elongation (%)		27 - 30
Hardness (Hb)	<i>Hb</i>	160

Lampiran 3 Plagiat



Lampiran 4 Form Bimbingan Proyek Akhir 1

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

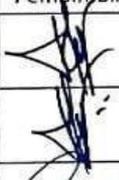
 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022			
JUDUL	PEMANFAATAN LIMBAH (BANYAK KERTAS KUNYU (KISIR/DOCONHA KUNYU) SEBAGAI KATALISATOR PADA REAKSI (ALKALIN)		
Nama Mahasiswa	Lukman Hakim NIRM: 1042014		
Nama Pembimbing	1. PATULI, M.Sc., Ph.D 2. Sugi Yarto, S.S.T., M.T 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	10-Mei	PEMBAHASAN. PENDAHULUAN. KOTAK. (ALKALIN)	
2	17-Mei	PEMBAHASAN. PENDAHULUAN. SEBUK. (BANYAK KERTAS KUNYU)	
3	27-Mei	PEMBAHASAN. PROPOS BAB 1	
4	14-Juni	PEMBAHASAN. PROPOS BAB 2 dan 3	
5	7 Juli	PEMBAHASAN. SEMPEL uji dan PEMBAHASAN SEBUK yang aktif dan SEBUK LANCYKANY KERTAS / 7 Juli	
6	20Jun	PEMBAHASAN. PEMOTOMAN LEMBA. KERTAS.	
7	3 Juli	PEMBAHASAN. PROPOS Bab 2 dan 3	
8			
9			
10			

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

Lampiran 5 From Monitoring Proyek Akhir 1

FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....	
		JUDUL PEMANFAATAN LIMBAH CAHAYAN KEARIFAN KULTUR (ELISBRYOONCHA EXILIS) SEBAGAI KALKULATOR PADA PROSES CALIBRASI	
Nama Mahasiswa		1. Lukman Hakim /NIRM: 1042014	
		2. /NIRM:	
		3. /NIRM:	
		4. /NIRM:	
		5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	14 Juni	Perbincangan pembuatan kotak kalibrasi 21M4	
1	6 Juli	Perluasan sampel cahaya kearifan	
1	7 Juli	Pembuatan sampel uji & penyediaan seluruh alat & perlakuan kalibrasi ± 30%	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIA~~/ BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Pamli)	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)

Lampiran 6 From Bimbingan Proyek Akhir 2

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022			
JUDUL	PEMBAHASAN: LEMBAH (ANGKANG KURANG (PILISBY OLOMHA KUCU) SEKAYAT KAPALUATOR PDA MASEU (ARKWIEI17)		
Nama Mahasiswa	Lukman Hakim NIRM: 1002014		
Nama Pembimbing	1. <u>PATLI, M.Sc., Ph.D</u> 2. <u>Sugi Yarto, S.S.T.M.T</u> 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	10-Mei	PEMBAHASAN: PEMBUATAN KOTAK (ARKWIEI17)	
2	17-Mei	PEMBAHASAN: PEMBUATAN SIBUK (ANGKANG KURANG)	
3	27-Mei	PEMBAHASAN: PROSES BAB 1	
4	14-JUNI	PEMBAHASAN: PROSES BAB 2 dan 3	
5	7 JULI	PEMBAHASAN: SEMPRE 4JI DAN PEMBUATAN SIBUK (KURANG AKTIF DAN SIBUK (ANGKANG KURANG) / 308	
6	20JUN	PEMBAHASAN: PEMOTOMAN LEMBA. KURANG.	
7	3 JUNI	PEMBAHASAN: PROSES BAB 2 dan 3	
8	16 Agustus	PEMBAHASAN: PEMBUATAN KOTAK.	
9	14 SEPTEMBER	PEMBAHASAN: PROSES PEMBUATAN KOTAK.	
10	11 Oktober	PEMBAHASAN: PEMBUATAN KOTAK	

Catatan:

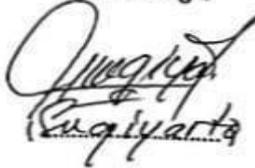
- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

Lampiran 7 From Monitoring Proyek Akhir 2

FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022	
JUDUL		Pemanfaatan Limbah (ampas kembang) sebagai katalisator pada proses labtoping	
Nama Mahasiswa		1. Lukman Hakim /NIRM: 1042014 2. _____ /NIRM: _____ 3. _____ /NIRM: _____ 4. _____ /NIRM: _____ 5. _____ /NIRM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	11 OKTOBER	65%	
2	11 OKTOBER	Pembuatan sampel uji 1/5%	f

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Pamli)	Pembimbing 2  (Eugiyarta)	Pembimbing 3 ()

Lampiran 8 From Bimbingan Proyek Akhir 3

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023			
JUDUL	Pemanfaatan Limbah Cair yang Kaya Kuning (Dislektin LHA exlu) sebagai koagulan pada proses (A)BMBLING		
Nama Mahasiswa	LUKMAN HAKIM NIRM: 1042014		
Nama Pembimbing	1. PAMLI, M.Sc., Ph.D 2. SUYARTO, S.S.T. M.T 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	1-12-2023	penulisan artikel	
2	11-12-2023	Revisi Laporan PA (80%)	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

Lampiran 9 From Monitoring Proyek Akhir 3

FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023	
JUDUL		PEMANFAATAN LIMBAH CAIR KAMPUS KERING (PKK) SEBAGAI KATALISATOR PADA PROSES CARBONIZASI	
Nama Mahasiswa		1. LUKMAN HAKIM /NIRM: 1042014 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	1-12-2023	85%	
3	4-12-2023	90%	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....) Ramli	Pembimbing 2  (.....) Sugiyanto	Pembimbing 3 (.....)

Lampiran 10 Form Penilaian Dospem 1 Proyek Akhir Semester Awal

FORM-PPR-3- 11: Form Penilaian Proyek Akhir Semester Awal

	FORM PENILAIAN PROYEK AKHIR SEMESTER AWAL TAHUN AKADEMIK/...../.....
JUDUL :	<u>DAMPAK DAN LUMBAH LAMPAHAN KORAM</u> <u>KUMIY (PILSBAYODUKHA POKUS) SERTA KALAUANOR</u> <u>PADA PROSES CEMERLANG</u>
Nama Mahasiswa/NIM :	1. <u>Lukman Hakim / 1042011</u> 2. _____ / _____ 3. _____ / _____ 4. _____ / _____ 5. _____ / _____

No	Unsur Penilaian	Kriteria	Nilai Mahasiswa				
			1	2	3	4	5
1.	Bab I (20%)	Sistematika penulisan laporan, kualitas isi	85				
2.	Bab II (30%)	laporan, teknik penulisan kajian pustaka dan tata bahasa.	81				
3.	Bab III (20%)	(Nilai kelompok)	75				
4.	Kehadiran, keaktifan dan inisiatif (30%)	(Nilai perorangan)	85				

Mengetahui, Komisi Proyek Akhir (.....)	Sungailiat, <u>06 - Juli - 2023</u> Pembimbing,  (.....)
---	---

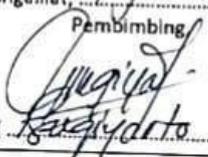
Catatan:

A: ≥ 80; AB: ≥74- <80; B: ≥68- <74; BC: ≥62- <68; C: ≥55- <62; D: ≥40- <55; E: <40

Lampiran 11 From Penilaian Dospen 2 Proyek Akhir Semester Awal

FORM-PPR-3- 11: Form Penilaian Proyek Akhir Semester Awal

	FORM PENILAIAN PROYEK AKHIR SEMESTER AWAL TAHUN AKADEMIK/.....
JUDUL :	<u>PRAMERKAHAN (Membaca dan mengartikan koding koding / PLS KPR BROMETA: PLS) sebagai kata kunci pada proses CSR berisikan.</u>
Nama Mahasiswa/NIM :	1. <u>Lukman Hakim</u> / <u>1042014</u> 2. _____ / _____ 3. _____ / _____ 4. _____ / _____ 5. _____ / _____

No	Unsur Penilaian	Kriteria	Nilai Mahasiswa				
			1	2	3	4	5
1.	Bab I (20%)	Sistematika penulisan laporan, kualitas isi	85				
2.	Bab II (30%)	laporan, teknik penulisan kajian pustaka dan tata bahasa.	80				
3.	Bab III (20%)	(Nilai kelompok)	80				
4.	Kehadiran, keaktifan dan inisiatif (30%)	(Nilai perorangan)	80				
Mengetahui, Komisi Proyek Akhir		Sungalliat, <u>7 Juli 2023</u> Pembimbing  (<u>.....</u>)					
Catatan:							

A: ≥ 80; AB: ≥ 74- < 80; B: ≥ 68- < 74; BC: ≥ 62- < 68; C: ≥ 55- < 62; D: ≥ 40- < 55; E: < 40



Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG KIJING
(Pilsbryoco~~n~~cha exilis) SEBAGAI KATALISATATOR PADA PROSES
CARBURIZING”**

Atas nama :
Penulis : LUKMAN HAKIM
Afiliasi : POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 2 Januari 2024.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 3 Januari 2024
Kepala P3KM,

Dr. Parulian Silalahi, M.Pd
NIP. 1964 0102 2021 211 001

Lampiran 13 Perhitungan ANOVA

Pada proses pengolahan data dilakukan dengan uji ANOVA, pada proses pengujian ANOVA menggunakan *software* excel dan validasi perhitungan ANOVA menggunakan minitab. Pada penelitian ini terdapat 2 faktor dan 1 interaksi sehingga ada 3 hipotesis yang dirumuskan, yaitu uji hipotesis untuk mengetahui pengaruh tekanan kompaksi panas, suhu *austenite* dan interaksi antara tekanan kompaksi panas dan suhu sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan. Keputusan terhadap hipotesis nol (H_0) berdasarkan nilai F-tabel yakni selama statistik F-hitung melebihi $F_{0,05;2,27}$ (3,55) atau p-value kurang dari α , keputusannya adalah menolak H_0 . Dalam penelitian ini hopotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut:

1. Lama waktu penahana

H_{01} = Perbedaan lama penahanan tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

H_{11} = Perbedaan waktu penahanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

H_{02} = Perbedaan waktu penahanan tidak berpengaruh terhadap nilai impak.

H_{12} = Perbedaan waktu penahanan berpengaruh terhadap nilai impak.

2. Persentase kerang

H_{01} = Perbedaan lama penahanan tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

H11 = Perbedaan waktu penahanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

H02 = Perbedaan waktu penahanan tidak berpengaruh terhadap nilai impak.

H12 = Perbedaan waktu penahanan berpengaruh terhadap nilai impak.

Lampiran 14 Anova Uji Kekerasan

➤ $\sum y^2_{ijk}$

No	Kerang kijing (%)	Nilai kekerasan			rata-rata	Kuadrat		
		Spesimen				(g/cm ³)	10%	20%	30%
		10%	20%	30%	10%		20%	30%
1	3 Jam	61	53	58,6	57,53	3721	2809	3433,96
2	3 Jam	63	48,6	69,9	60,5	3969	2361,96	4886,01
3	3 Jam	74	52,9	49,6	58,83	5476	2798,41	2460,16
4	6 Jam	106,1	100,8	94,9	100,6	11257,21	10160,04	9006,01
5	6 Jam	108	100,2	81,1	96,43	11664	10040,04	6577,21
6	6 Jam	71,9	66,3	101,3	79,83	5169,61	4395,69	10261,69
7	9 Jam	133,2	95,2	103,8	110,73	17742,24	9063,04	10774,44
8	9 Jam	103,2	93,7	99,6	98,83	10650,24	8779,69	9920,16
9	9 Jam	104,6	92,3	106,8	101,23	10941,16	8519,29	11406,24
							$\sum y^2_{ijk}$	208244,1

➤ $\sum y^2, \sum y^2/bkn, \sum y^2/bn$

Waktu penahanan	Persentase kerang %			Total	Total Kuadrat	
	10%	20%	30%			
3 Jam	198	154,4	178,1	530,6	281536,36	
6 Jam	286	267,3	277,3	830,6	689896,36	
9 jam	341	281,2	310,2	932,4	869369,76	
Total	825	703	765,6	2593,6	5260600,96	
					$\sum y$	2593,6
					$\sum y^2$	5260600,96
					$\sum y^2/bkn$	194837,1
					$\sum y^2/bn$	195664,151

➤ $\sum y^2_{j/kn}$

Waktu Penahanan	Persentase kerang %			
	10 %	20%	30%	
3 jam	39204	23870,25	31719,61	
6 jam	81796	71449,29	76895,29	
9 jam	116281	79073,44	96,224,04	
			$\sum y^2_{j/kn}$	205504,3

Lampiran 15 Perhitungan Data Uji Kekerasan

- Jumlah kuadrat total (Persamaan 2.1)

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} = 208244,1 - 194837,073 = 13.407,027$$

- Jumlah kuadrat baris (Persamaan 2.2)

$$SS = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{bn} = 204533,609 - 194837,1 = 9.696,509$$

Volume Penguat \overline{bn} $i=1$ $j=1$ i \overline{abn}

- Jumlah kuadrat kolom (Persamaan 2.3)

$$J_{ke} = J_{kt} - J_{kb} - J_{kk} = 13407,0274 - 9696,54 - 827,079 = 2883,4084$$

- Derajat kebebasan (DoF) (Persamaan 2.5) Waktu

$$\text{penahanan} = \text{jumlah level} - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Persentase kerang} = \text{jumlah level} - 1 = 3 - 1 = 2$$

- Rata-rata kuadrat (RK) Adj MS : DoF (Persamaan 2.6) Waktu

$$\text{penahanan} = J_{kb} : \text{DoF} = 9696,54 : 2 = 194837,1$$

$$\text{Persentase kerang} = J_{kk} : \text{DoF} = 827,079 : 2 = 413,5395$$

$$\text{Error} = J_{ke} : \text{DoF} = 2883,4084 : 22 = 131,064209$$

- F-hitung (Persamaan 2.7) Adj MS

: Error Adj MS

$$\begin{aligned} \text{Volume Penguat} &= \text{RK Volume Penguat} : \text{RK Error} = 4848,26815 : 131,064209 \\ &= 36,9915494 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Suhu Austenite} &= \text{RK Suhu Austenite} : \text{RK error} = 413,539259 : 131,064209 \\ &= 3.15524172 \end{aligned}$$

Lampiran 16 Anova Data Uji Impak

➤ $\sum y^2_{ijk}$

No	Kerang ijing (%)	Nilai IMPAK			rata-rata	Kuadrat		
		Spesimen				(g/cm ³)	10%	20%	30%
		10%	20%	30%	10%		20%	30%
1	3 Jam	0,28375	0,5125	0,6625	1,45875	0,080514	0,262656	0,438906
2	3 Jam	0,325	0,61875	0,2875	1,23125	0,105625	0,382852	0,082656
3	3 Jam	0,3975	0,3375	0,625	1,35375	0,158006	0,109727	0,390625
4	6 Jam	0,3375	0,475	0,5075	1,32	0,113906	0,225625	0,257556
5	6 Jam	0,2	0,6	0,3	1,1	0,04	0,36	0,09
6	6 Jam	0,3125	0,3175	0,75625	1,38625	0,097656	0,100806	0,571914
7	9 Jam	0,1375	0,2625	0,24375	0,64375	0,01890	0,068906	0,059414
8	9 Jam	0,125	0,275	0,21875	0,61875	0,015625	0,075625	0,047852
9	9 Jam	0,15	0,225	0,23125	0,60625	0,0225	0,050625	0,053477
$\sum y^2_{ijk}$								4,281961

➤ $\sum y^2, \sum y^2/bkn, \sum y^2/bn$

Waktu penahanan	Persentase kerang %			Total	Total Kuadrat
	10%	20%	30%		
3 Jam	1,00625	1,4625	1,575	4,04375	16,35191
6 Jam	0,85	1,3925	1,56375	3,80625	14,48754
9 jam	0,4125	0,7625	0,69375	1,86875	3,492227
total	2,26875	3,6175	3,8325	9,71875	94,4541
$\sum y$					9,71875
$\sum y^2$					94,454102
$\sum y^2/bkn$					3,4983001
$\sum y^2/bn$					3,6579543

➤ $\sum y^2_{j/kn}$

Waktu	Persentase kerang %		
	10 %	20%	30%
3 jam	1,0125391	2,138906	2,480625
6 jam	0,7225	1,939056	2,445314
9 jam	0,1701562	0,581406	0,481289
$\sum y^2_{j/kn}$			3,9905974

Lampiran 17 Perhitungan Data Uji Impak

- Jumlah kuadrat total (Persamaan 2.2)

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{ijk} y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} = 3,9905974 - 3,4983001 = 0,7836609$$

- Jumlah kuadrat baris (Persamaan 2.3)

$$SS_{Volume\ Penguat} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} = 3,8146311 - 3,4983001 = 0,316331$$

- Jumlah kuadrat kolom (Persamaan 2.4)

$$SS_{Suhu\ Austenite} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} = 3,6579543 - 3,4983001 = 0,1596533$$

- Jumlah kuadrat *error* (persamaan 2.5)

$$Jke = Jkt - Jkb - Jkk = 0,7836609 - 0,316331 - 0,1596533 = 0,3076756$$

➤ Derajat kebebasan (DoF) (Persamaan

$$2.6) \text{ Waktu Penahanan} = \text{jumlah level} - 1$$

$$= 3 - 1 = 2$$

$$\text{Persentase kerang} = \text{jumlah level} - 1 = 3 - 1 = 2$$

➤ Rata-rata kuadrat (RK) Adj MS : DoF (

$$\text{Persamaan 2.7) Waktu Penahanan} = Jkb : \text{DoF} =$$

$$0,316331 : 2 = 0,1596533$$

$$\text{Persentase kerang} = Jkk : \text{DoF} = 0,1596533 : 2 = 0,15816550$$

$$\text{Error} = Jke : \text{DoF} = 0,0139853 : 22 = 0,0139853$$

➤ F-hitung (Persamaan 2.8)

$$\text{Adj MS} : \text{Error Adj MS}$$

$$\text{RK Volume Penguat} = \text{RK Volume Penguat} : \text{RK error} = 0,0139853 : 0,0139853 = 11,309449$$

$$\text{RK Suhu Austenite} = \text{RK Suhu Austenite} : \text{RK error} = 0,0798271 : 0,0139853 = 5,70795$$

SURAT PERNYATAAN

Saya/Kami yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:

POMANFAATAN LIMBAH CAIRYAKAM KERAMIKIJIM (PILS&PYOGONCHA
OXU) SEBAGAI KATALISATOR PADA PROSES CARBURIM

Oleh :

1. LUKMAN HAKIM NPM 1042014
2. NPM
3. NPM

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 21 Januari 2024

1. LUKMAN HAKIM ([Signature])
2. (.....)
3. (.....)

Mengetahui,

Pembimbing 1,


(Ramli)

Pembimbing 2,


(Pugiyarto)