

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bahan Teknik

2.1.1. Logam

Logam adalah sebuah unsur kimia yang memiliki sifat yang kuat, liat, keras dan mampu menghantarkan listrik dan panas. Selain itu logam juga memiliki titik leleh yang tinggi dan diperoleh melalui proses pertambangan. Pada umumnya pencarian logam hanya dilakukan di dalam bumi baik yang memiliki campuran logam maupun murni. Seperti emas, platina dan perak.

Logam berasal dari bahasa Yunani yaitu, “*matallo*” yang artinya adalah suatu unsur kimia yang siap bergabung menjadi ion. Yang memiliki suatu ikatan logam dan dianggap logam yang mirip dengan kation dan berada di bawah elektron

Logam dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu berdasarkan bahan dasar penyusunannya yaitu;

a) Logam Besi (*ferro*)

Logam besi yaitu logam yang mengandung unsur besi (Fe). Logam besi juga disebut besi karbon atau baja karbon, yang memiliki bahan dasar unsur besi (Fe) dan karbon (C). tetapi juga mengandung unsur lain seperti ; mangan, fosfor, silikon, belerang dan sebagainya yang memiliki kadar yang relatif rendah.

b) Logam Non Besi (*non ferro*)

Logam non ferro merupakan logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Penggunaan logam non ferro biasanya tidak digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena sifat-sifatnya belum memenuhi syarat yang diinginkan. Tapi tidak dengan logam non ferro murni, emas, platina dan perak karna sudah memiliki sifat yang baik, contohnya daya hantar listrik dan ketahanan kimia yang baik dan cukup kuat, sehingga dapat digunakan dalam keadaan murni (Samlawi & Siswanto, n.d. : 5)

2.1.2. Non Logam

Non logam yaitu unsur-unsur kimia yang bersifat elektronegatif, yaitu mudah menarik elektron valensi dari atom lain dari pada melepasnya. Non logam dapat membentuk ikatan ion dengan cara menarik elektron dari logam. Unsur-unsur nonlogam: halogen, karbon (C), nitrogen (N), oksigen (O), fosfor (P), bel erang (S), dan selenium (Se) (Wahid, 2014 : 18).

2.1.3. Komposit

Komposit adalah materi yang terdiri dari lebih dari dua bagian utama. Dalam skala makroskopik, komposit sangat berbeda. Bahan yang menyusunnya masing-masing memiliki karakteristik unik, dan ketika bahan-bahan tersebut digabungkan untuk membentuk komposisi tertentu, terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Karo, 2007 : 31).

Yang mempegaruhi sifat bahan komposit yaitu, sifat dan distribusi unsur penyusunnya, dan juga interaksi antara keduanya. Bentuk, ukuran, oreantasi,

dan distribusi penguat (*filter*) adalah faktor penting lain yang dapat mempengaruhi sifat bahan komposit (Kartini et al., 2002).

2.2. Arang Cemara

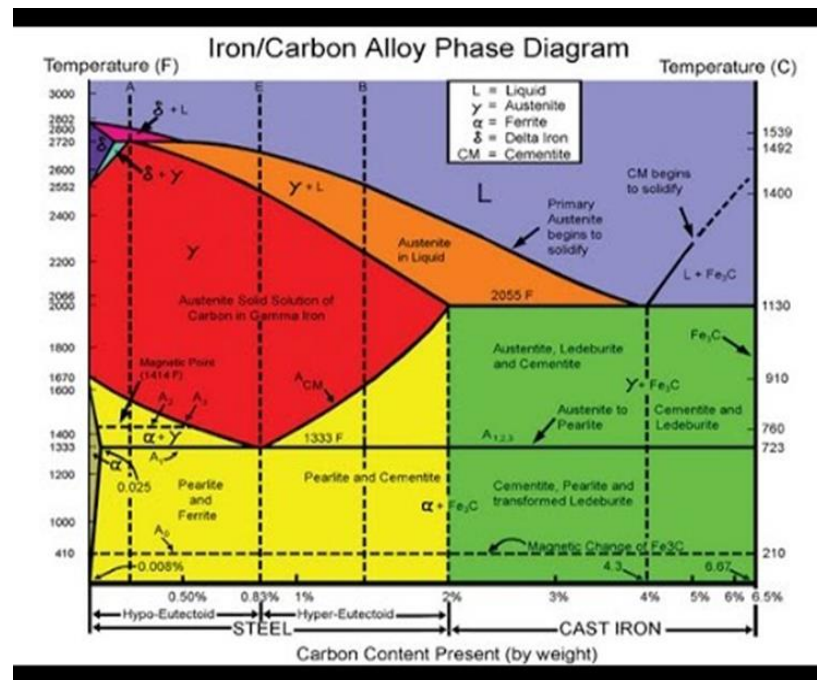
Pohon cemara merupakan sejenis pohon yang termasuk dalam *famili Pinaceae* atau *Cupressaceae*, terkenal dengan bentuknya yang kerucut, daunnya yang menyerupai jarum, dan tetap hijau sepanjang tahun (*evergreen*). Beberapa jenis pohon cemara, seperti cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) yang tumbuh di pantai dan cemara gunung yang tumbuh di dataran tinggi, sangat umum di Indonesia. Sebelum revolusi industri, arang kadang-kadang digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. Penggunaan yang meniru ini, bagaimanapun, tidak benar. Secara historis, arang digunakan dalam jumlah besar untuk melebur besi bloomeries dan kemudian ditempa dengan tungku. Selama revolusi aktif, arang diganti dengan kokas karena proses pembuatan arang dimurnikan melalui pemanasan.

2.3. Jenis-Jenis Baja Secara Garis Besar

Baja adalah logam paduan yang terutama terdiri dari besi (Fe) dengan sedikit karbon (C) serta elemen seperti nikel, kromium, silikon, dan mangan. Tujuan dari penambahan komponen ini adalah untuk meningkatkan sifat-sifat baja, seperti kekuatan, ketangguhan, kelenturan, dan ketahanan terhadap korosi. Kandungan karbon baja biasanya berkisar antara 0,2% dan 2,1%, dan sangat memengaruhi karakteristik baja yang dibuat.

Baja karbon berarti baja yang tidak mengandung unsur lain selain karbon dan besi; baja paduan adalah jenis lain dari baja berdasarkan komposisi kimia mereka.

Dalam baja karbon, ada banyak unsur tetapi hanya dalam batas-batas tertentu yang tidak mempengaruhi sifat dasar baja. Unsur-unsur ini biasanya berasal dari ikatan yang ditekan selama proses pembuatan besi atau baja, serta beberapa unsur pengotor seperti belerang, posfor, oksigen, nitrogen, dan lain-lain.



Gambar 2. 1 diagram fasa Fe - Fe₃C

Sumber: (Japrie, 1983)

Pada Gambar 2.2 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe₃C. Wilayah di bawah 2% menjadi perhatian utama proses *heat treatment* untuk baja hingga mencair, dengan proses pendinginan perlahan, sementara pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*continuous cooling temperature*).

2.4. Klasifikasi Baja

Baja adalah perpaduan antara Fe dan C (basi dan karbon), karbon maksimum dari baja adalah 2,1 %. Karbon didalam baja membentuk karbida besi (Fe_3C atau Sementit) (Hidayat, 2019)

Berdasarkan komposisi kimia baja dapat di bagi menjadi :

2.4.1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kadar karbon antara 0,05 dan 0,30 wt% C. Memiliki kekuatan luluh 275 MPa (40.000 psi), kekuatan tarik 415–550 MPa (60.000–80.000 psi), dan keuletan 25% EL. Meskipun relatif lunak dan lemah, ia sangat tangguh dan kuat. Baja karbon rendah juga mudah ditempa, dimesin, dan dilas.

2.4.2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang yaitu baja yang kandungan karbonnya antara 0,30% - 0,60%. Baja karbon sedang memiliki sifat sulit di bengkok, dipotong dan dilas. Baja karbon sedang biasanya dibuat dalam bentuk alat-alat perkakas, poros engkol, pegas, baut, roda gigi dan ragum.

2.4.3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi adalah baja yang kandungan karbonnya antara 0,6% - 1,5%. Baja karbon tinggi merupakan baja karbon yang paling sulit untuk dibentuk, ditempa, dilas dan dipotong. Baja karbon tinggi biasanya di buat dalam bentuk alat-alat kontruksi dengan panas tinggi atau mengalami panas,

contohnya palu, pahat, landasan, bor, kikir, bantalan peluru dan lain-lain (Afandi et al., 2015)

2.5. Sifat Material

Logam digunakan untuk berbagai macam tujuan dalam berbagai situasi, jadi penting untuk memahami sifat-sifat logam industri. Ada banyak sifat bahan, termasuk sifat mekanik, fisik, dan teknologi, antara lain.

2.5.1. Sifat Mekanik

Sifat mekanik yaitu bagaimana material menanggapi pembeban, yang dapat berupa gaya, torsi, atau kombinasi keduanya, disebut sifat mekaniknya. Sifat mekanik material ini adalah faktor utama dalam memilih bahan untuk perancangan. Pengujian mekanik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material. Pengujian ini biasanya bersifat merusak, menghasilkan kurva atau data yang menjelaskan keadaan material. Sifat mekanik material seperti tegangan, rengangan, modulus elastisitas, kekuatan, kekuatan luluh, kekuatan tarik, keuletan, ketangguhan, dan kekerasan harus diperhatikan.

2.5.2. Sifat fisik

Temperatur cair, panas spesifik, dan konduktivitas panas atau sifat fisik adalah sifat-sifat material yang tidak disebabkan oleh pembebanan yang dipengaruhi oleh pemanasan, pendinginan, dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada struktur material.

2.5.3. Sifat Teknologi.

Ketahanan material saat dibentuk atau diproses adalah sifat teknologi. Produk dengan bentuk yang rumit akan melalui proses pengecoran, sedangkan produk yang berkekuatan tinggi akan melalui proses pengerolan atau penempaan. Mampu las, cor, mesin, dan bentuk adalah karakteristik teknologi.

2.6. keausan

Keausan didefinisikan sebagai kehilangan substansi secara prongresif dari permukaan operasi dari benda akibat gerak relative dari permukaan terhadap benda lain. Menurut Permana dan Bisma Aditya (2016) Keausan dapat dikelompokkan sebagai berikut ;

1. Keausan Ashesive (*Adhesive Wear*)

Keausan yang melekat adalah salah satu jenis keausan yang terjadi karena partikel terikat atau melekat (melekatkan) atau berpindah dari suatu permukaan material yang lemah ke material yang lebih keras, mengubah plastis, dan pada akhirnya mengeluarkan atau mengoyakan salah satu material. Ini dimulai dengan benda dengan kekerasan yang lebih tinggi menyentuh permukaan yang lemah, dan kemudian terjadi pengikatan. Pengikatan ini dapat terjadi pada suhu rendah atau moderat dan terjadi secara spontan.

2. Keausan Korosif

Keausan korosif yaitu keausan terjadi ketika lingkungan sekitar berinteraksi secara kinawi dengan permukaan sliding. Hal ini mengakibatkan pembentukan lapisan permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Akibatnya, material mengalami perpatahan *interface* antara lapisan permukaan dan material induk dan yang menyebabkan seluruh permukaan material akan tercabut (Tribakti, 2020)

3. Keausan Abrasive (*Abrasive Wear*)

Keausan jenis ini terjadi apabila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak, menyebabkan penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Derajat kebebasan partikel keras atau *asperity* tersebut menentukan tingkat keausan pada mekanisme ini.

Sebagai contoh, ketika partikel pasir silica terikat pada permukaan, mereka akan mengalami tingkat keausan yang lebih tinggi. seperti kertas amplas, dibandingkan dengan situasi di mana partikel berada di dalam sistem slurry. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan besar akan tertarik sepanjang permukaan, menyebabkan pengoyakan. Pada kasus terakhir, sebaliknya. Partikel tersebut hanya dapat berputar tanpa mengalami abrasi.

4. Keausan Lelah (*Surface Fatigue wear*)

Keausan lelah atau fatik pada permukaan sebenarnya dapat terjadi secara abrasive atau adhesive, tetapi jenis keausan ini sering terjadi secara bertahap. Ini akan meningkatkan tegangan geser.

5. Keausan Oksidasi/Korosif (*Tribo Chemical Wear*)

Keausan kimiawi adalah hasil dari proses mekanis dan termal yang terjadi pada permukaan benda dan lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh, proses oksidasi yang sering terjadi pada sistem kontak luncur (juga dikenal sebagai kontak luncur) antar logam akan menyebabkan perambatan retak dan abrasi. Keausan kimiawi menyebabkan korosi logam, menyebabkan peningkatan suhu dan perubahan sifat mekanis pada asperiti.

Rumus keausan

Keausan spesifik (W_s) dapat di hitung dengan rumus :

$$W_s = \frac{\Delta W}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di Mana :

W_s = Keausan spesifik (mm^2/kg)

ΔW = Volume material yang hilang akibat keausan (mm^3)

t = Waktu lama pengujian (secon)

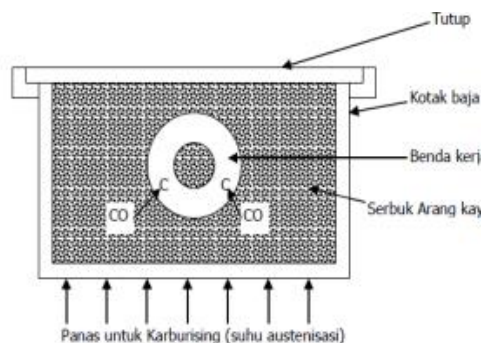
2.7. *Carburizing*

Pada permukaan baja dari komponen mesin di perlukan keras dan tahan aus, sedangkan pada bagian dalam atau inti dari baja tetap bersifat lunak dan ulet. Hal ini akan memberikan kombinasi yang serasi antara bagian luar atau permukaan benda kerja yang keras dan tahan menerima beban, serta tahan aus dengan inti yang lunak dan ulet. *Carburizing* adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak

mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja (Muhammad Iqbal, 2008) . Pada temperatur *Carburizing*, media karbon terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja dan menaikkan kadar karbon pada permukaan baja. Pada proses perlakuan panas, termasuk karburising selalu mengacu pada diagram fase yang berdasarkan pada karbon dari baja. Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon (Fe-C), besi dan karbon selain dapat membentuk larutan padat juga dapat membentuk senyawa karbid besi (Sementit, Fe_3C).

2.8. *Pack carburizing*

Pack carburizing adalah metode yang biasa digunakan untuk penambahan unsur karbon secara defusi agar karbon pada media karburasi dapat masuk ke permukaan baja dan menambah peningkatan kadar karbon pada permukaan baja tersebut. Dengan peningkatan kadar karbon pada permukaan dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja (putra negarat, 2015)



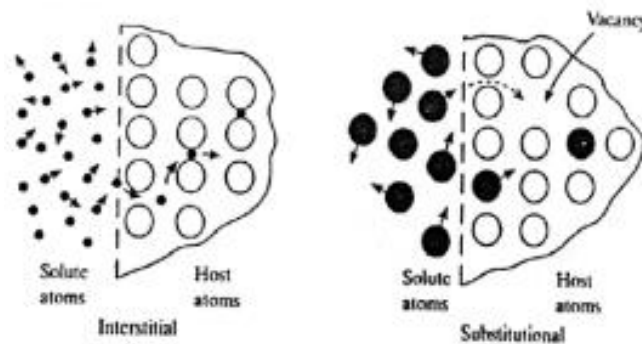
Gambar 2. 2 Tungku Proses *Carburizing*

Sumber : (Gambar-Proses-Pack-Karburising.Webp (468×256), n.d.)

Skematik proses pack carburizing dapat kita lihat pada gambar 1. Pada gambar diatas spesimen diletakkan kedalam wadah yang berisi media karburasi, kemudian di panaskan pada suhu austenite. Prinsip termokimia menjadi dasar pada proses tersebut dengan menggunakan sistim difusi, yaitu satu cara untuk mengubah sifat-sifat permukaan substrat dengan menambahkan bahan dari luar dan akan terdifusi ke permukaan substrat dengan menggunakan temperature tinggi. Menurut putra Negarat, (2015) proses *pack carburizing* dapat di bagi menjadi dua tahapan utama yaitu; tahapan pertama, pada awal proses terjadi penyerapan karbon yang cepat pada permukaan baja karena kandungan karbon yang berbeda antara permukaan baja dan potensi karbon pada lingkungan media karburasi. Dan tahapan kedua, pada permukaan baja karbon berdifusi ke dalam selubung/case. Pertama difusi berlangsung lambat karena gradient karbon yang kecil diantara permukaan dan inti.

2.9. Difusi

Difusi adalah pergerakan spontan atom atau molekul di dalam bahan yang memiliki kecenderungan untuk membentuk komposisi yang seragam (Suarsana, 2009)



Gambar 2. 3 Pemodelan terjadinya difusi

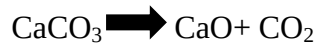
Sumber : (Suarsana, 2009)

Koefisien difusi dan gradien konsentrasi bertanggung jawab atas difusi elemen dalam suatu bahan substrat, menurut hukum pertama Fick. Saat suhu wadah atau paket mencapai suhu pemanasan, reaksi berikut akan terjadi.

1. Penambahan barium carbonate pada media arang tempurung kelapa dapat mempercepat proses *carburizing*, yang pada suhu tinggi akan mendekomposisi energi BaCO_3 berubah menjadi gas CO.



Barium carbonate terurai akibat energi panas, karbon dioksida hasil penguraian tersebut bereaksi dengan karbon dalam arang membentuk carbon monoxide (CO). Begitu pula yang terjadi pada CaCO_3 yang berubah menjadi gas CO.



2. Carbon monoxide akan bereaksi dengan Fe



3. Selanjutnya terjadi proses difusi karbon dengan besi (Fe). Gas CO_2 sisa yang dihasilkan dari reaksi difusi segera bereaksi dengan C arang dan membentuk CO lagi. Reaksi ini berlanjut selama terus menerus.

2.10. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas (*Heat Treatment*) merupakan proses untuk mengubah struktur logam dengan memanaskan sampel dalam oven elektrik (tungku) pada suhu tertentu selama periode waktu tertentu. Setelah itu, sampel didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli, dan surya, yang masing-masing memiliki kerapatan pendinginan yang berbeda. Perlakuan panas adalah ketika logam atau gabungannya dipanaskan atau didinginkan dalam keadaan padat untuk memperoleh sifat tertentu. (Trihutomo, 2014)

Secara umum perlakuan panas dapat di kelompokkan sebagai berikut :

1) *Hardening* (pengerasan)

Yaitu proses pemanasan baja hingga baja menjadi austenit dan kemudian didinginkan dengan cepat dengan mencelupkannya ke dalam media pendingin seperti air, oli, atau media lainnya. Tujuan dari proses ini adalah untuk menggeraskan baja.

2) *Anealing* (melunakkan)

adalah proses pelunakan baja secara keseluruhan. Baja dipanaskan dalam tungku sampai mencapai suhu kritis dan kemudian didinginkan perlahan. Tujuan dari pemanasan pada suhu kritis adalah untuk mengkristalkan butir karbida besi dalam baja karbon, yang menghasilkan butir baru yang lebih lunak. Perlu diingat bahwa selama pemanasan di bawah suhu kritis garis A1, struktur mikro tidak mengalami perubahan. Namun, ketika suhu mencapai garis A1, butir-butir kristal pearlite menjadi austenite yang halus. Setelah pemanasan

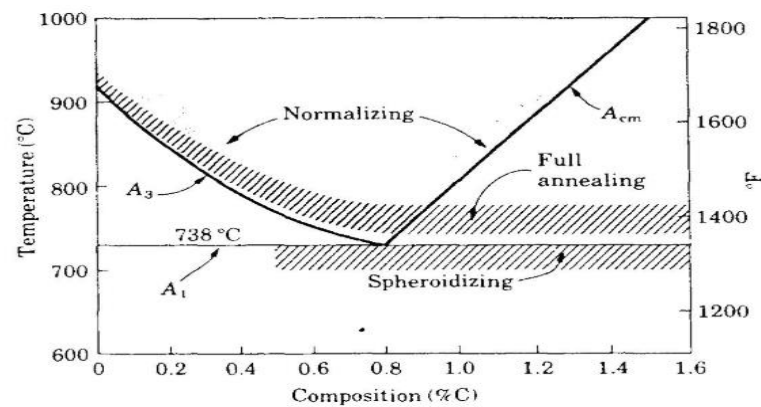
dilanjutkan ke suhu yang lebih tinggi, baja hypoeutectoid mulai menghasilkan sejumlah kristal austenite yang halus. Kristal austenite yang sudah ada sebelumnya, yang berasal dari pearlite, hampir tidak tumbuh. Setelah menyentuh garis A3, atau temperatur kritis A3, maka perubahan ini telah selesai. Menaikkan suhu sedikit di atas garis kritis A3 (atau garis A3) dan memberi waktu penahanan yang diperlukan akan menghasilkan austenite yang lebih homogen dengan butiran kristal yang lebih halus. Setelah didinginkan dengan lambat, butiran kristal ferrite dan pearlite yang halus akan dihasilkan.

3) *Tempering* (Menaikkan Ketangguhan)

Proses *tempering* melibatkan perlakuan panas pada baja pada suhu 700–830°C dengan tujuan mengubah struktur baja untuk menghasilkan struktur mantesit yang kuat.

4) *Quenching* (Proses Pencelupan)

Pengerasan, juga dikenal sebagai *quenching*, adalah proses di mana logam dipanaskan hingga mencapai batas austenite yang sama dengan pemanasan yang cukup. Setelah itu, dengan cepat baja dicelupkan ke media pendingin sesuai dengan kekerasan yang diinginkan.



Gambar 2. 4 Diagram perlakuan panas

Sumber : (*Diagram Perlakuan Panas - Yahoo Image Search Results,*)

2.11. Analisa Kolerasi

Diciptakan oleh Karl Pearson pada awal tahun 1900, korelasi adalah istilah statistik yang menunjukkan derajat hubungan linear antara dua variabel atau lebih. Karena itu, dikenal dengan nama Korelasi Pearson Product Moment (PPM). Salah satu metode analisis statistik yang paling umum adalah korelasi. Kedua variabel memiliki hubungan sebab akibat searah, bukan timbal balik.

Dalam analisis korelasi, variabel terikat, yang dikenal sebagai variabel terikat, adalah hasil dari variabel bebas, yang merupakan faktor penyebab, menurut Hasan Dan Iqbal (1999). Variabel bebas adalah variabel yang nilainya independen dari variabel lainnya dan digunakan untuk meramalkan atau menjelaskan nilainya. Variabel terikat biasanya diwakili dengan huruf Y, sedangkan variabel bebas biasanya diwakili dengan huruf X atau X1, X2, X3, dan seterusnya. Korelasi menunjukkan bagaimana dua variabel terikatnya bebas atau lebih yang dihubungkan

secara bersamaan dengan variabel tersebut. Korelasi yang terjadi antara dua variabel dapat dibagi menjadi 4 bagian. Yaitu :

1. Korelasi Positif

Korelasi positif mengacu pada hubungan antara dua variabel; dengan kata lain, ketika variabel X meningkat, kemungkinan variabel Y juga akan meningkat.

2. Korelasi Negatif

Korelasi negatif adalah ketika dua variabel berkorelasi satu sama lain; dengan kata lain, ketika variabel X meningkat, kemungkinan variabel Y akan menurun.

3. Korelasi Sempurna

Korelasi sempurna adalah ketika dua variabel berkorelasi satu sama lain, atau ketika kenaikan atau penurunan variabel X lebih besar daripada kenaikan atau penurunan variabel Y.

4. Tidak Ada Korelasi

Tidak ada korelasi, atau tidak ada hubungan ditunjukkan oleh kedua variabel berhuruf X dan Y.

Koefisien korelasi merupakan indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur kedekatan hubungan antar variabel. Koefisien korelasi di simbolkan dengan “r”, yang memiliki nilai antara -1 dan +1 ($-1 \leq r \leq +1$). Dimana :

- a. Jika r bernilai positif, maka variabel-variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai r ke +1 maka semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.

- b. Jika r bernilai negatif, maka variabel-variabelnya berkorelasi negatif. Semakin dekat nilai r ke -1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
- c. Jika r bernilai 0 (nol) maka variabel-variabelnya tidak menunjukkan korelasi.
- d. Jika r bernilai +1 atau -1 maka variabel-variabelnya menunjukkan korelasi positif atau negatif sempurna.

Jika dikuadratkan akan menjadi koefisien determinasi atau koefisien penentu.

Artinya penyebab perubahan variabel Y datang dari variabel X sebesar r^2 .

Pada penelitian ini jenis koefisien korelasi yang digunakan adalah koefisien korelasi linear yakni indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel yang sifatnya linear. Koefisien korelasi linear antara dua variabel untuk mengetahui hubungan atau keeratan antara dua variabel dapat dihitung dengan menggunakan metode *least square* atau metode *product moment*.

1. Metode *Least Square*

Dimana nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

r = Koefisien korelasi

n = Jumlah spesimen

X = Nilai variabel X

Y = Nilai variabel Y

2. Metode Product Moment Pada metode ini nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus :

$$r = \frac{n \sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

r = Koefisien korelasi

x = deviasi rata-rata variabel X, = $X - \bar{X}$

y = deviasi rata-rata variabel Y, = $Y - \bar{Y}$

3. Metode korelasi linear berganda Alat ukur mengenai hubungan yang terjadi antara variabel terikat (variabel Y) dan dua atau lebih variabel bebas ($X_1, X_2, \dots, X_k$). Korelasi linear berganda dengan dua variabel bebas yakni mengukur hubungan yang terjadi antara variabel terikat (variabel Y) dengan dua variabel bebas (X_1, X_2). Koefisien korelasi linear berganda untuk 3 variabel dirumuskan:

$$R_{Y12} = \sqrt{\frac{r_{Y1}^2 + r_{Y2}^2 - 2r_{Y1}r_{Y2}r_{12}}{1 - r_{12}^2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

R_{Y12} = Koefisien korelasi 3 variabel

r_{Y1} = Koefisien korelasi Y dan X_1

r_{Y2} = Koefisien korelasi Y dan X_2

r_{12} = Koefisien korelasi X_1 dan X_2

Nilai koefisien korelasi tiap variabel dapat dihitung dengan rumus :

$$r_{y_1} = \frac{n \sum X_1 Y - (\sum Y)(\sum X_1)}{\sqrt{\{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\} \{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2\}}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$r_{y_2} = \frac{n \sum X_2 Y - (\sum Y)(\sum X_2)}{\sqrt{\{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\} \{n \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2\}}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$r_{12} = \frac{n \sum X_1 X_2 - (\sum X_1)(\sum X_2)}{\sqrt{\{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2\} \{n \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2\}}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Arti dari koefisien relasi (r)

- a. Bila $0,90 < r < 1,00$ atau $-1,00 < r < -0,90$ berarti variabel memiliki hubungan yang sangat kuat
- b. Bila $0,70 < r < 0,90$ atau $-0,90 < r < -0,70$ berarti variabel memiliki hubungan yang kuat
- c. Bila $0,50 < r < 0,70$ atau $-0,70 < r < -0,50$ berarti variabel memiliki hubungan yang moderat
- c. Bila $0,30 < r < 0,50$ atau $-0,50 < r < -0,30$ berarti variabel memiliki hubungan yang lemah
- d. Bila $0,0 < r < 0,30$ atau $-0,30 < r < 0,0$ berarti variabel memiliki hubungan yang sangat lemah

2.12. Jurnal Rujukan

Nitha (2019), Pengaruh *Pack Carburizing* Arang Tulang Kerbau Mesh 30 Dan Temperatur 950°C Terhadap Keausan Baja Karbon Sedang. Penelitian ini bertujuan

untuk mengetahui pengaruh arang tulang kerbau sebagai energizer terhadap keausan baja karbon sedang dengan ukuran mesh 30 temperatur pemanasan 950°C . Arang tulang kerbau yang digunakan ukuran mesh 30, persentase volume arang tulang kerbau dan Barium Carbonat $60\%\text{ATK} + 40\%\text{BaCO}_3$, $70\%\text{ATK} + 30\%\text{BaCO}_3$, $80\%\text{ATK} + 20\%\text{BaCO}_3$ yang dipanaskan dalam tungku pada suhu 950°C digunakan untuk sumber karbon pada baja karbon sedang untuk mengetahui pengaruh proses pack carburizing terhadap keausan baja karbon sedang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keausan tertinggi baja karbon sedang mesh 30 pada temperatur pemanasan 950°C dengan persentase volume arang kerbau dan Barium Carbonat $80\%\text{ATK} + 20\%\text{BaCO}_3$ yakni 0,0005508 gram/det.

Gunawan (2015), Analisis pengaruh media *pack carburizing* terhadap keausan dan kekerasan sproket sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh media *pack carburizing* terhadap keausan dan kekerasan sproket Honda Supra X 125. Variabel penelitian adalah media *carburizing*. Proses *pack carburizing* dilakukan dengan menggunakan media karburasi yang berbeda yaitu kokas, arang tempurung kelapa, arang sirep dan briket batu bara. Pada masing-masing media karburasi ditambahkan barium karbonat (BaCO_3) 3,5%. Untuk proses perlakuan panas, pemanasan dilakukan pada temperatur 900°C dengan waktu karburasi selama 2 jam dilanjutkan dengan quenching dengan media oli. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan rata-rata tertinggi dihasilkan pada proses *carburizing* dengan media arang sirep yaitu 629 HV. Keausan spesifik rata-rata terkecil dicapai pada proses *carburizing* dengan carburizer arang sirep yaitu $1,625 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan keausan

spesifik rata-rata terbesar sebesar $1,867 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ diperoleh pada proses *carburizing* dengan media kokas.

Sulandari, L. (2018). Studi Pengaruh Suhu, Waktu Pemanasan, Dan Ukuran Butir Karbon Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Tahan Karat AISI 316L Hasil *Proses Carburizing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu (700 °C, 750 °C, 800 °C, dan 850 °C), ukuran butir arang tempurung kelapa (mesh 50 dan mesh 150), serta waktu pemanasan (8 jam dan 12 jam) terhadap struktur mikro dan kekerasan baja tahan karat AISI 316L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dan perubahan struktur mikro material. Kekerasan tertinggi sebesar 330,5 Hv diperoleh pada kondisi suhu 750 °C, ukuran butir mesh 150, dan waktu pemanasan 12 jam, yang menunjukkan bahwa ukuran butir arang yang lebih halus mampu meningkatkan efisiensi difusi karbon ke permukaan baja. Proses karburisasi juga menyebabkan perubahan struktur mikro dari dominasi fasa austenit menjadi ferit, sehingga meningkatkan sifat mekanik material..

Dera (2019), Studi Sifat Fisis dan Mekanis *Carburizing* Padat dengan Arang Tempurung Kelapa Berukuran Mesh 200 dan Hasil Shaker Mill. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah melalui proses *pack carburizing* dengan media arang tempurung kelapa berukuran 200 mesh dan arang nanopartikel hasil *shaker mill*. Proses *carburizing* dilakukan pada temperatur 900 °C dengan waktu tahan 2 jam. Arang nanopartikel diperoleh dari proses *shaker mill* modifikasi berkecepatan 900 rpm selama 3 juta siklus

menggunakan bola penumbuk baja berdiameter 5/32 inci. Setelah proses *carburizing*, spesimen diuji struktur mikro dan kekerasannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan arang nanopartikel meningkatkan difusi karbon ke permukaan baja sehingga terbentuk fasa perlit dan martensit yang lebih merata serta menghasilkan nilai kekerasan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan media arang berukuran 200 mesh biasa.

Ardiantoni, Taufiqurrahman, dan Prima (2023) Pengaruh *Pack Carburizing* Menggunakan Arang Tempurung Kelapa dengan Katalis Kerang Kepah terhadap Kekerasan Permukaan Baja ST 37. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran mesh dan komposisi media *pack carburizing* berbasis arang tempurung kelapa dengan katalis kerang kepah terhadap peningkatan kekerasan permukaan baja ST 37, serta menentukan kombinasi parameter yang menghasilkan kekerasan tertinggi. Penelitian ini menggunakan baja ST 37 sebagai material uji dengan media *carburizing* berupa arang tempurung kelapa dan katalis kerang kepah yang divariasikan ukuran mesh dan komposisinya. Proses *pack carburizing* dilakukan pada suhu 950 °C selama 60 menit, kemudian spesimen diuji kekerasannya menggunakan metode *Vickers Hardness* (HV). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran mesh dan komposisi media berpengaruh signifikan terhadap kekerasan permukaan, di mana nilai kekerasan tertinggi sebesar 787,1 HV diperoleh pada ukuran mesh 50 dengan komposisi 60% karbon dan 40% katalis, yang menghasilkan peningkatan kekerasan jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi awal baja ST 37 tanpa perlakuan.