

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berjudul potensi limbah pertanian berbasis lignoselulosa sebagai sumber bahan baku bioetanol. Limbah pertanian yang kaya lignoselulosa, seperti jerami, batang tanaman, dan sisa panen lainnya, telah menjadi perhatian besar dalam penelitian produksi bioetanol. Bahan-bahan ini dianggap sangat potensial karena sifatnya yang melimpah, terjangkau, dan terbarukan, sehingga menjadikannya alternatif yang menjanjikan untuk bahan baku yang berbasis tanaman pangan. Proses produksi bioetanol dari lignoselulosa melibatkan beberapa tahap utama, yaitu *pre-treatment*, sakarifikasi enzimatik, dan fermentasi. *Pre-treatment* adalah tahap penting untuk memecah struktur kompleks lignoselulosa menjadi komponen yang lebih sederhana, yang memudahkan akses enzim ke selulosa dan hemiselulosa. Beberapa teknologi *pre-treatment*, contohnya seperti perlakuan dengan asam, basa, dan panas, terbukti meningkatkan jumlah gula *fermentable*. Studi ini menunjukkan bahwa dengan *pre-treatment* yang tepat, konsentrasi gula yang dihasilkan dapat dioptimalkan, yang berimplikasi pada peningkatan efisiensi produksi bioetanol secara keseluruhan (Sarkar dkk., 2012).

Produksi bioetanol dari limbah kertas dan evaluasi ekonominya produksi bioetanol dari limbah kertas juga menawarkan keuntungan ekonomi dan lingkungan, khususnya sebagai solusi dalam pengelolaan limbah kertas. Dalam penelitian ini, berbagai jenis limbah kertas seperti koran, majalah, dan kardus diolah melalui hidrolisis enzimatik menggunakan enzim *Cellic Ctec 1*. Hasil hidrolisis ini menghasilkan gula yang dapat difermentasi menjadi etanol. Pada tahapan selanjutnya, dilakukan analisis ekonomi untuk menentukan harga etanol yang bersaing dengan bahan bakar fosil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk bioetanol yang dihasilkan dari kardus memiliki *minimum ethanol selling price* (MESP) yang lebih rendah dibandingkan dengan limbah kertas lainnya, menjadikannya lebih kompetitif

secara ekonomis. Penelitian ini mendukung produksi bioetanol sebagai alternatif bahan bakar yang menguntungkan, sekaligus mengurangi beban lingkungan dari limbah kertas yang terus bertambah (Wang dkk., 2012).

Konversi limbah padi menjadi bioetanol melalui *pre-treatment* alkali-peroksida limbah padi, seperti sekam dan dedak, merupakan biomassa lignoselulosa yang memiliki potensi besar untuk dikonversi menjadi bioetanol. Proses konversi ini melibatkan *pre-treatment* menggunakan larutan alkali-peroksida untuk menghilangkan lignin dan memecah selulosa. Dalam penelitian ini, tahap fermentasi dilakukan dengan ragi hasil rekayasa genetik yang meningkatkan efisiensi fermentasi hingga 88% dari potensi teoritisnya. Hasil akhir menunjukkan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan mencapai sekitar 52 g/L, sehingga limbah padi ini terbukti sebagai bahan baku yang sangat potensial untuk produksi energi terbarukan yang ekonomis. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode alkali-peroksida adalah alternatif *pre-treatment* yang efisien dan hemat biaya untuk limbah padi (Favaro dkk., 2017).

Penggunaan kokultur mikroorganisme dalam fermentasi limbah apel busuk untuk bioetanol. Limbah apel busuk mengandung serat yang sulit diurai dan membutuhkan fermentasi menggunakan coculture atau kombinasi mikroorganisme untuk efisiensi yang optimal. Penelitian ini menggunakan kokultur dari *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus sojae*, dan *Saccharomyces cerevisiae* untuk mempercepat proses konversi limbah apel busuk menjadi bioetanol. Dengan optimalisasi faktor-faktor seperti laju inokulasi, aerasi, dan kecepatan agitasi, konsentrasi etanol maksimum yang dihasilkan adalah 8,748 g/L. Teknik ini tidak hanya meningkatkan konversi gula dari limbah apel, tetapi juga dapat mengurangi waktu proses dan memperbesar skala produksi secara masal yang lebih efisien (Evcan & Tari, 2015).

Penggunaan *Ultrasound* untuk intensifikasi proses hidrolisis pada limbah kulit kentang. Limbah kulit kentang dari industri makanan diproses menggunakan ultrasonikasi untuk mempercepat hidrolisis selulosa menjadi gula. Dalam penelitian ini, tahap hidrolisis dengan bantuan ultrasonik meningkatkan produksi gula *fermentable* dalam waktu yang lebih singkat

dibandingkan metode tradisional. Pengaturan optimal pada proses ini, termasuk frekuensi ultrasonik, waktu iradiasi, dan dosis enzim, menghasilkan bioetanol sebesar 65,8 mg/L. Penelitian ini menunjukkan bahwa ultrasonikasi adalah metode *pre-treatment* yang efektif dan berpotensi menurunkan biaya dalam skala industri bioetanol (Suresh dkk., 2020). Pemanfaatan limbah buah tropis untuk bioetanol dengan metode *simultaneous saccharification and co-fermentation* (SSCF). Limbah dari buah tropis seperti nanas, pisang, dan *cashew* sangat melimpah dan kaya akan karbohidrat. Untuk mengonversi limbah ini menjadi bioetanol, penelitian ini menerapkan metode *simultaneous saccharification and co-fermentation* (SSCF) di mana proses hidrolisis enzimatis dan fermentasi berlangsung secara bersamaan. Dengan metode ini, waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi bioetanol berkurang, dan hasil produksi bioetanol pun meningkat secara signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi fermentasi yang optimal, pendapatan bioetanol dari kulit nanas yang dibuang mencapai sekitar 4,94% dari berat basah biomassa. Keuntungan tambahan dari metode SSCF ini adalah efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan metode yang memisahkan tahap hidrolisis dan fermentasi, menjadikannya strategi yang sangat efisien dalam memproses limbah buah tropis menjadi bahan bakar alternatif bioetanol (Ikhuoria dkk., 2022).

Hidrolisis enzimatis limbah kertas dengan *Trichoderma reesei* untuk produksi bioetanol. Dalam penelitian ini, limbah kertas kantor diproses melalui metode hidrolisis enzimatis, menggunakan enzim *cellulase* yang diperoleh dari *Trichoderma reesei*. Proses awal dimulai dengan *pre-treatment* asam sulfat encer (H_2SO_4) untuk meningkatkan aksesibilitas struktur selulosa pada limbah kertas. Selama lima hari proses hidrolisis, dengan berbagai tingkat konsentrasi enzim dan waktu inkubasi, tercapai konsentrasi glukosa optimal sebesar 9,75 g/L. Setelah hidrolisis selesai, larutan glukosa yang dihasilkan kemudian difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, yang secara efektif mengonversi glukosa menjadi etanol. Pada akhir proses fermentasi, bioetanol dimurnikan melalui distilasi yang memberikan hasil akhir dengan efisiensi konversi sebesar 79%, menunjukkan

bahwa proses ini tidak hanya ekonomis tetapi juga efisien dalam mengonversi limbah kertas yang tidak terpakai menjadi bahan bakar terbarukan (Hossain dkk., 2021).

Revaluasi limbah makanan untuk bioetanol melalui proses hidrolisis asam dan fermentasi. Dalam upaya mengurangi limbah makanan dan memanfaatkannya secara berkelanjutan, penelitian ini menggunakan residu buah dan polong-polongan sebagai bahan baku bioetanol. Residu ini terlebih dahulu melalui proses hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 5%, yang memecah struktur kompleks untuk menghasilkan gula yang dapat difermentasi. Setelah hidrolisis, proses fermentasi dilakukan dengan *Saccharomyces cerevisiae* pada suhu $30^{\circ}C$ selama 48 jam, yang berhasil mengonversi gula menjadi etanol. Pada tahap akhir, distilasi dilakukan untuk memurnikan bioetanol hingga mencapai kemurnian yang diinginkan. Dari hasil penelitian, residu buah menghasilkan 45 ml bioetanol dengan konsentrasi etanol 3,8%, sementara residu polong-polongan menghasilkan 30 ml dengan konsentrasi 2,54%. Temuan ini mengindikasikan bahwa limbah makanan bisa dimasukkan dalam rantai nilai sebagai bahan baku bioetanol yang menguntungkan secara ekonomi dan ramah lingkungan (Cárdenas dkk., 2021).

Pengolahan limbah koran melalui hidrolisis asam dan enzimatis untuk produksi bioetanol. Limbah kertas koran yang mengandung selulosa diolah melalui kombinasi *pre-treatment* NaOH, hidrolisis asam, dan hidrolisis enzimatis. *pre-treatment* NaOH bertujuan untuk memecah lignin yang membungkus selulosa, diikuti dengan hidrolisis asam yang melarutkan selulosa, dan akhirnya hidrolisis enzimatis untuk mengkonversi residu selulosa menjadi gula *fermentable*. Fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* pada suhu $24^{\circ}C$ selama 48 jam berhasil menghasilkan bioetanol dengan *yield* tinggi. Distilasi akhir menghasilkan sekitar 362 liter etanol dari 1000 kg limbah koran, menunjukkan bahwa limbah ini adalah bahan baku yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk produksi bioetanol (Wu dkk., 2014).

Produksi bioetanol dari limbah cair tepung beras melalui hidrolisis biologis dan distilasi. Limbah cair dari produksi tepung beras yang mengandung glukosa dan pati diolah menggunakan metode hidrolisis biologis dengan mikroorganisme *Bacillus*, yang berfungsi memecah pati menjadi glukosa. Hidrolisat yang dihasilkan kemudian difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*, yang berhasil menghasilkan etanol dengan kandungan mencapai 95%-96% setelah distilasi *batch*. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah cair tepung beras, yang sering dianggap polusi yang tidak baik untuk lingkungan, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol dengan proses yang ramah lingkungan (Ketut dkk., 2016).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bioetanol Sebagai *Biofuel*

Biofuel adalah bahan bakar yang dihasilkan dari sumber daya biologis, seperti tanaman atau limbah organik. Salah satu jenis *biofuel* yang paling populer adalah bioetanol, yaitu etanol yang diproduksi dari fermentasi biomassa yang mengandung gula atau pati. Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif atau dicampur dengan bahan bakar fosil, seperti bensin, untuk mengurangi emisi karbon dan ketergantungan pada minyak bumi.

Bioetanol memiliki beberapa keunggulan, antara lain ramah lingkungan, terbarukan, dan dapat diproduksi dari berbagai jenis bahan baku, termasuk limbah pertanian. Pengolahan limbah pertanian menjadi bioetanol merupakan strategi yang efektif untuk memanfaatkan sumber daya yang kurang dimanfaatkan, serta membantu mengurangi emisi karbon dan polusi lingkungan akibat pembakaran limbah.

Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan berbagai jenis limbah pertanian dalam jumlah yang sangat besar setiap tahunnya. Beberapa contoh limbah pertanian yang potensial untuk diolah menjadi bioetanol adalah:

1. Jerami padi: Limbah dari proses panen padi yang mengandung selulosa dan hemi-selulosa, komponen penting dalam produksi bioetanol.
2. Tongkol jagung: Sisa dari produksi jagung yang kaya akan lignoselulosa, yang dapat dipecah menjadi gula untuk proses fermentasi.

3. Ampas tebu: Limbah dari industri gula yang mengandung kandungan selulosa tinggi dan sering digunakan dalam produksi bioetanol.

Penggunaan limbah pertanian sebagai bahan baku bioetanol memiliki beberapa keuntungan, seperti mengurangi volume limbah, menyediakan bahan bakar alternatif yang lebih bersih, dan menurunkan biaya bahan baku. Namun, pengolahan limbah pertanian juga memerlukan teknologi untuk mengatasi tantangan dalam mengolah komponen-komponen struktural seperti lignin.

proses manufaktur pengolahan limbah pertanian menjadi bioetanol melibatkan beberapa tahap, di antaranya:

2.2.2 *Pre-Treatment*

Tahap ini bertujuan untuk memecah struktur kompleks lignoselulosa yang ada pada limbah pertanian, sehingga selulosa dan hemi-selulosa lebih mudah dihidrolisis menjadi gula sederhana. Beberapa metode *pre-treatment* yang umum digunakan meliputi:

Perlakuan fisik: Seperti penghancuran limbah pertanian.

Pre-treatment menggunakan mesin pencacah limbah pertanian untuk menghancurkan limbah – limbah pertanian.

2.2.3 Hidrolisis

Setelah pra-perlakuan, tahap selanjutnya adalah hidrolisis, di mana selulosa dan hemi-selulosa diubah menjadi gula sederhana, seperti glukosa, yang dapat difermentasi. Hidrolisis dapat dilakukan dengan dua cara utama:

1. Hidrolisis enzimatik: Menggunakan enzim *selulase* untuk memecah selulosa menjadi gula.
2. Hidrolisis asam: Menggunakan asam, seperti asam sulfat, untuk memecah struktur lignoselulosa.

Pada hidrolisis kimia menggunakan campuran asam sulfat dan hidrolisis enzimatik yang digunakan enzim *selulase* untuk memecah selulosa menjadi gula.

2.2.4 Fermentasi

Tahap fermentasi adalah proses di mana mikroorganisme, seperti *Saccharomyces cerevisiae*, digunakan untuk mengubah gula sederhana yang

dihasilkan dari proses hidrolisis menjadi etanol. Proses ini biasanya berlangsung dalam kondisi anaerob, di mana oksigen tidak diperlukan. Parameter seperti pH, suhu, dan konsentrasi gula sangat mempengaruhi efisiensi proses fermentasi.

2.2.5 Distilasi

Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi masih tercampur dengan air dan senyawa lain, sehingga perlu dimurnikan melalui proses distilasi. Distilasi bertujuan untuk memisahkan bioetanol dari campuran cairan sehingga menghasilkan bioetanol dengan kemurnian yang cukup tinggi. Dari hingga hasil fermentasi yang dipanaskan menjadi uap lalu didinginkan (biasanya sekitar 95%).

2.2.6 Termokopel

Termokopel merupakan sensor temperatur yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang dimiliki oleh masing masing logam yang bergantung pada massa jenis logam. Sama halnya dengan sensor pada umumnya yang dapat digunakan sebagai input pada sebuah sistem kendali, sensor termokopel selain dapat membaca perubahan suhu juga dapat berperan sebagai input analog pada sebuah sistem kendali. Di dalam dunia industri, penggunaan sensor termokopel sering dijumpai pada sistem yang mengharuskan suhu tertentu mengaktifkan *output* atau dengan kata lain pada saat parameter suhu dijadikan sebagai input analog. (Wendri, Supardi, Suarbawa, & Yuliantini, 2012).



Gambar 2.1 Termokopel
Sumber : (Pribadi)

2.2.7 Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau tingkat panas suatu objek atau lingkungan. Prinsip kerja termometer umumnya didasarkan pada perubahan fisik zat, seperti pemuaian cairan (merkuri atau alkohol) atau perubahan hambatan listrik pada logam (seperti termometer digital), yang kemudian dikalibrasi untuk menunjukkan nilai suhu (Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018)).



Gambar 2.2 Termometer
Sumber : (Pribadi)

2.2.8 Pressure Gauge

Pressure gauge (atau pengukur tekanan) adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam fluida (gas atau cairan) di dalam suatu sistem. Alat ini berfungsi untuk menunjukkan tekanan relatif dibandingkan tekanan atmosfer atau tekanan absolut, tergantung pada jenis pengukurannya. *Pressure gauge* digunakan di berbagai industri, seperti dalam sistem hidrolik, pneumatik, peralatan laboratorium, dan aplikasi otomotif. (Cengel, Y. A., & Boles, M. A. 2015)



Gambar 2.3 Pressure Gauge

Sumber : (<https://www.hydracheck.com>)

2.2.9 Tekanan

Tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satuan luas permukaan atau bidang tekanan. Tekanan memiliki satuan Newton per meter persegi (N/m^2) yang biasa disebut dengan pascal (Pa).

Satuan pascal terlalu kecil bagi tekanan yang kita jumpai dalam praktik sehari-hari, sehingga sering digunakan satuan kilopascal ($=1.000 \text{ Pa}$) dan

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 101,32 \text{ kPa} = 1,013 \text{ bar}$$

Dalam sistem Inggris (*British Unit*) menyatakan satuan tekanan dalam satuan psi, singkatan dari *pounds persquare inch* (psi) $1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psi}$.

Suatu tekanan akan sangat bergantung pada besarnya gaya. Besarnya tekanan yang dihasilkan sejalan dengan besar gaya yang diberikan atau berbanding lurus dengan gaya. Di satu sisi, tekanan berbanding terbalik dengan luas permukaan. Apabila luas permukaan tekan bidang diperbesar, maka tekanan akan mengecil. Rumus tekanan dapat dilihat dalam persamaan 2.1:

$$p = F/A \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

p = Tekanan (N/m^2 atau Pa) F = Gaya tekan (N)

A = Luas permukaan (m^2)

2.2.10 Proses Permesinan

Proses pemesinan adalah metode manufaktur yang menghilangkan material berlebih pada benda kerja menggunakan pahat potong untuk mencapai bentuk, ukuran, dan kualitas permukaan yang presisi. Teknik utama dalam proses ini meliputi bubut (*turning*), di mana benda kerja berputar pada sumbunya sementara pahat pemotong bergerak linier menyayat material silindris, dan frais (*milling*), yang beroperasi sebaliknya di mana pisau yang berputar memotong benda kerja yang digerakkan ke arahnya. Selain itu, terdapat proses penting lainnya seperti gurdi (*drilling*) untuk pembuatan lubang berpresisi dan gerinda (*grinding*) yang menggunakan roda abrasif untuk penyelesaian akhir (*finishing*) dengan tingkat kehalusan tinggi. Keberhasilan dan efisiensi dari seluruh proses pemotongan logam ini sangat bergantung pada perhitungan tiga parameter fundamental yang tepat, yaitu kecepatan potong (*cutting speed*), gerak makan (*feed rate*), dan kedalaman potong (*depth of cut*)

2.2.10.1 Proses Pemotongan (*Cutting Process*)

Proses pemotongan (*cutting process*) adalah memotong logam untuk mendapatkan bentuk dan ukuran serta kualitas permukaan potong yang direncanakan. Proses pemotongan logam dilakukan dengan *tool* (perkakas/pahat) yang khusus, sesuai dengan jenis proses pemotongannya. (xindustri.blogspot.com, 2016)

2.2.10.2 Proses Gurdi (*Drilling*)

Proses gurdi atau mesin bor merupakan proses pembuatan lubang pada sebuah objek dengan menekan sebuah gurdi berputar kepadanya. Proses pembuatan lubang ini tidak hanya melalui proses gurdi namun dapat juga dilakukan dengan proses lain yaitu memperluas lubang (adiputrasimanjuntak, 2015)



Gambar 2.4 Mesin gurdi (*Drilling*)
Sumber : (Pribadi)

2.2.10.3 Proses Bubut (*Turning*)

Pembubutan didefinisikan sebagai proses permesinan dengan gerakan pemotongan kontinu yang melingkar. Pembubutan dilakukan dengan mesin bubut (*lathe*). Material yang biasa dibubut antara lain: logam, kayu, dan plastik. Proses pembubutan juga dikenal dengan sebutan *turning*. (teknikmesinmanufaktur, 2015)



Gambar 2.5 Mesin Bubut
Sumber : (Pribadi)

2.2.10.4 Proses Gerinda (*Grinding*)

Proses penggerindaan adalah proses pelepasan material dengan menggunakan partikel abrasif yang disatukan dengan pengikat menjadi struktur roda gerinda, dan bekerja dengan kecepatan permukaan yang sangat tinggi. (Bellarukmana, 2016).

2.2.10.5 Proses Pengelasan (*Welding*)

Proses pengelasan adalah cara yang harus dan wajib melibatkan suhu yang sangat panas dan tinggi. Hal ini tentu ditujukan agar logam dapat mencapai titik leleh sehingga untuk dapat mempermudah proses penyambungan. (Mevia, 2020).

2.2.11 Besi Siku

Penampang baja siku sering digunakan sebagai balok untuk menerima beban-beban yang menyebabkan gaya lentur dua arah dan gaya torsi. Dari beberapa peraturan yang ada, seperti SNI 03-1729-2002: Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, belum memiliki peraturan yang baku yang mewakili perilaku tersebut tetapi cukup konservatif (atau masih bisa diterima) apabila diaplikasikan pada balok profil siku yang menerima gaya lentur saat ini. Trahair pada tahun 2002 melakukan pengembangan metode pendekatan untuk desain balok profil baja siku dengan cara membatasi gaya-gaya lentur dua arah dan torsi sehingga sesuai dengan filosofi desain balok pada umumnya (lentur satu arah) (Nursandah, 2011).



Gambar 2.6 Besi Siku
Sumber : (<https://juraganmaterial.id>)

2.2.12 Plat *Stainless Steel*

Penggunaan bahan *stainless steel* banyak digunakan pada sektor industri mulai dari peralatan rumah tangga, konstruksi bangunan, industri otomotif, hingga industri perkapalan dan pesawat terbang. Sedangkan dalam dunia kesehatan biomedis *stainless steel* karena karakteristiknya yang menguntungkan seperti tahan korosi (*corrosion resistance*), berkekuatan tinggi (*high strength*) dan biaya perawatan yang rendah (*lowcost maintenance*). Dalam ilmu bedah tulang dimana penggunaan *stainless steel* dikenal sebagai alat penyambung tulang patah untuk menggantikan bagian tubuh yang cidera.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Efek tekanan *steel ball peening* terhadap kekasaran permukaan AISI 316L. Rekayasa fisik material yang digunakan untuk mengubah sifat mekanik pada AISI 316L *stainless steel* salah satunya *steel ball peening*. Proses *steel ball peening* adalah proses perlakuan permukaan dengan membobadir permukaan material dengan *steel ball*. Pada penelitian ini tingkat kekasaran permukaan AISI 316L *stainless steel* yang dihasilkan dari proses *steel ball peening* dengan parameter tekanan. Proses *steel ball peening* dengan variasi tekanan *steel ball peening* pada permukaan AISI 316L *stainless steel* pada tekanan 6 bar, 7 bar, 8 bar serta menggunakan diameter *steel ball* 4 mm. Semakin besar tekanan *steel ball peening* semakin besar nilai kekekerasan rata-rata pada permukaan AISI 316L *stainless steel* ditinjau pada jarak 50 μ m dari permukaan. (Raharjo, 2015).



Gambar 2.7 Besi *Stainless Steel*
Sumber : (Pribadi)

2.2.13 *Heat Transfer*

Jika dua buah benda yang salah satu benda mula-mula lebih panas daripada benda lain dan saling bersentuhan maka suhu kedua benda tersebut akan sama setelah waktu yang cukup lama. Benda yang bersuhu tinggi memberikan energi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Energi yang diberikan karena perbedaan suhu antara dua buah benda disebut kalor sehingga kalor merupakan bentuk energi yang berpindah dari benda yang suhunya lebih tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah ketika benda bersentuhan. Satuan kalor menurut SI atau MKS yaitu Joule (J) sedangkan menurut CGS adapun untuk jenis makanan yaitu kalori (kkal).

Konduksi merupakan perpindahan panas dari tempat yang memiliki suhu yang tinggi ke tempat yang memiliki suhu rendah langsung. Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan panas dan perpindahan energi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah, sehingga dapat dikatakan bahwa energi akan berpindah secara konduksi, laju perpindahan kalornya dinyatakan sebagai (Holman, 2000):

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan kalor (W)

$\frac{dT}{dx}$ = Gradien suhu perpindahan kalor

k = Konduktivitas termal bahan (W/m.K)

A = Luas bidang perpindahan kalor (m^2)

1. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor melalui aliran zat perantaranya. Sebuah zat perantara pada proses konveksi adalah air dan gas, di mana jika partikel-partikel air atau udara berpindah akibat massa jenis, maka kalor juga akan ikut merambat. Persamaan perpindahan konveksi diantaranya yaitu :

$$Q = h \cdot A(T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan kalor (Watt)

h = Koefisien perpindahan panas ($W/m^2 K$)

A = Luas permukaan benda (m^2)

T_s = Temperatur permukaan benda (K)

T_∞ = Temperatur fluida (K)

Konveksi terbagi menjadi dua jenis yaitu konveksi alami dan konveksi paksa. Dimana konveksi alami terjadi akibat adanya perbedaan suhu. Akibatnya, kalor mengalir antara benda dan fluida (zat alir) sehingga fluida yang dekat benda mengalami perubahan rapat massa yang menimbulkan arus konveksi. Sedangkan konveksi paksa adalah perpindahan kalor secara konveksi yang gerakan fluidanya disebabkan oleh adanya tenaga atau energi luar.

2.2.14 Perhitungan Motor Bensin

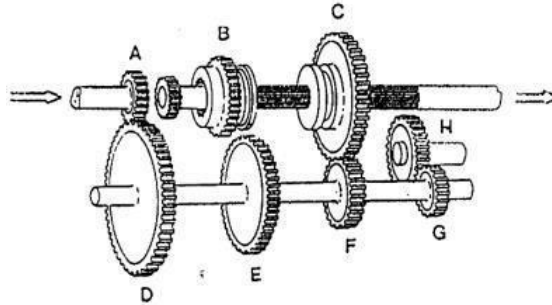
Dasar perhitungan yang digunakan untuk menghitung kecepatan motor listrik untuk mengetahui daya Watt (dalam satuan SI) dapat yang berkaitan dengan benda berputar merupakan hasil dari perkalian dari torsi.

(T) dan kecepatan sudut (Ω), dengan persamaan rumus :

$$P = T \times \Omega \dots \dots \dots (2.4)$$

2.2.15 Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama - sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros (DUNIA MESIN, t.t.).



Gambar 2.8 Poros
(sumber:www.ridomanik.blogspot.com)

Secara garis besar poros dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Poros *spindle*

Poros *spindle* merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros *spindle* juga menerima beban lentur (*axial load*). Poros *spindle* dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

2. Poros gandar

Poros gandar merupakan poros yang dipasang diantara roda-roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban puntir dan hanya mendapat beban lentur.

3. Poros transmisi

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan *shaft*. *Shaft* akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur berganti ataupun kedua - duanya. Pada *shaft*, daya dapat ditransmisikan melalui *gear*, *belt pulley*, *sprocket* rantai, dll.

Pada mesin pencacah yang akan dibuat menggunakan poros jenis ini dengan jenis bahan poros yang digunakan untuk konstruksi ini yaitu baja karbon dengan standar JIS G 4105 S 30 C dengan kekuatan tarik (σ_B) = 48 kg / mm².

Standar dan macam	lamban g	Perlakuan panas	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	ket
Baja karbon konstruksi mesin(JIS G 4501)	S 30 C	Penormalan	48	
	S 35 C	“	52	
	S 40 C	“	55	
	S 45 C	“	58	
	S 50 C	“	62	
	S 55 C		66	

Tabel 2.1 Standar Faktor Koreksi

Dibawah ini adalah tabel factor koreksi daya yang akan ditransmisi kan sesuai daya yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Faktor Koreksi Daya Yang Akan Ditransmisikan

No	Fc	Keterangan
1	1,2-2,0	Daya rata-rata yang diperlukan
2	0,8-1,2	Daya maksimum yang diperlukan
3	1,0-1,5	Daya normal

Pada Sf_1 5,6 adalah harga bahan SF dengan kekuatan yang dijamin, dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh masa ,dan baja paduan maka faktor ini disebut Sf_1 . Kemudian untuk Sf_2 apakah poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga karna pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar. Pengaruh kekasaran permukaan juga harus diperhatikan maka Sf_2 dengan harga sebesar 1,3-3,0.

Berikut ini adalah tabel faktor ASME (*American Society of Mechanical Engineer*) disesuaikan terhadap beban yang digunakan:

Tabel 2.3 Faktor ASME

No.	Kt	Keterangan
1	1,0	Jika beban dikenakan secara halus
2	1,0 – 1,5	Jika terjadi sedikit kejutan atau tumbukan
3	1,5 – 3,0	Jika beban dikenakan dengan kejutan dan tumbukan besar

Jika perkiraan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur maka dipertimbangkan pemakaian faktor C_b dengan harganya antara 1,2 – 2,3. Jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka C_b diambil 1.

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{Pd}{n_{ot}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

P_d = Daya rencana (kW)

n_{out} = Putaran poros (rpm)

T = momen rencana (kg.mm)

Tegangan yang diizinkan $\tau\sigma$ (kg /mm²) untuk pemakaian umum pada poros dapat diperoleh dengan berbagai cara. Didalam buku ini $\tau\sigma$ dihitung atas dasar batas kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 40% dari kekuatan tarik σ_B (kg/mm²).oleh karena itu batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik σ_B sesuai dengan standar ASME.

$$\tau\sigma = \frac{\sigma_B}{sf^1 xsf^2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

$\tau\sigma$ = Tegangan yang diizinkan(kg/mm²)

σ_B = Kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf^1 = Faktor keamanan

Sf^2 = Faktor keamanan

Untuk menghitung diameter poros menggunakan rumus berikut:

$$Ds = \frac{5,1}{\tau\sigma} \sqrt{(mb \times cb)^2 + (kt \times T)^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.2.16 Besi *Hollow*

Adapun macam-macam besi kontruksi adalah salah satu jenis besi beton yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Disebut besi *hollow* karena sesuai dengan namanya, besi ini berbentuk batangan berongga. Dengan penampang berbentuk segi empat, besi *hollow* juga disebut pipa kotak.



Gambar 2.9 Besi *Hollow*
Sumber : (Pribadi)

2.2.17 *Gearbox*

Gearbox adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk mengubah torsi dan kecepatan yang dihasilkan oleh sumber tenaga, contohnya seperti motor atau mesin, agar sesuai dengan kebutuhan sistem yang digerakkan. *Gearbox* menggunakan kombinasi roda gigi yang dirancang untuk mengatur rasio kecepatan dan torsi, sehingga keluaran dari motor atau mesin dapat dikontrol dengan lebih baik.

2.2.18 *Fluke* MultiMeter

Fluke multimeter merupakan alat pengukuran listrik yang berfungsi untuk mengukur lebih dari satu besaran listrik pada satu unit, yaitu voltase, ampere, suhu dan ohm. Selain itu, beberapa model multimeter juga bisa digunakan untuk menguji kontinuitas koneksi, dioda, transistor, frekuensi, dan kapasitansi.



Gambar 2.10 *Fluke Multimeter*

Sumber : (Pribadi)

2.2.19 *Clamp Meter*

Clamp meter (tang ampere) adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur arus listrik atau ampere pada kabel yang sedang aktif digunakan tanpa harus memutus atau menyentuh konduktor secara langsung. Alat ini bekerja dengan cara menjepitkan rahang penjepit ke sekeliling kabel untuk membaca medan magnet yang dihasilkan oleh arus.



Gambar 2.11 *Clamp Meter*

Sumber : (Pribadi)