

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengetian Energi**

##### **2.1.1 Energi.**

Energi merupakan suatu kemampuan dalam melakukan suatu kerja. Segala kegiatan ataupun aktivitas makhluk hidup merupakan suatu bentuk kerja mulai dari kegiatan bernafas, denyut jantung, berlari dan lain sebagainya merupakan bentuk kerja yang tentu saja memerlukan energi untuk melaksanakannya. Kebutuhan energi manusia semakin bertambah dengan semakin meningkatnya peradaban manusia yang ditandai dengan peningkatan teknologi yang mempermudah aktivitas manusia. Guna pemenuhan kebutuhan energi manusia maka berbagai bentuk sumber energi dimanfaatkan baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Pemanfaatan sumber energi secara tidak langsung dilakukan dengan mengkonversi (mengubah bentuk) energi dari satu bentuk ke bentuk energi lainnya.

Secara umum energi dapat dikelompokkan sebagai:

1. Energi transisi (Transisional energy) adalah Energi yang sedang bekerja dalam suatu sistem.
2. Energi tersimpan (Stored Energy) adalah Energi yang terkandung dan tersimpan dalam suatu sistem atau massa tertentu misal energi yang terkandung dalam batubara, minyak dan lain-lain.

Beberapa macam bentuk energi yang dapat ditemukan antara lain:

- a. Energi listrik
- b. Energi kimia
- c. Energi nuklir

- d. Energi termal {panas}
- e. Energi air
- f. Energi potensial
- g. Energi kinetik

### **2.1.2 Bentuk- Bentuk Energi**

Beberapa macam bentuk- bentuk energi antara lain:

#### **1. Energi listrik**

Energi yang berkaitan dengan akumulasi arus elektron dan bentuk transisi atau transfernya adalah aliran elektron melalui konduktor jenis tertentu. Energi listrik dapat disimpan sebagai energi medan elektrostatis dan merupakan energi yang berkaitan dengan medan listrik akibat terakumulasinya muatan elektron pada pelat-pelat kapasitor. Energi medan listrik ekuivalen dengan energi medan elektromagnetis yang sama dengan energi yang berkaitan dengan medan magnet yang timbul akibat aliran elektron melalui kumparan induksi.

#### **2. Energi kimia**

Yang keluar sebagai hasil interaksi elektron di mana dua atau lebih atom/molekul berkombinasi sehingga menghasilkan senyawa kimia yang stabil. Energi kimia hanya dapat terjadi dalam bentuk energi tersimpan. Bila energi dilepas dalam suatu reaksi maka reaksinya disebut reaksi eksotermis yang dinyatakan dalam kJ, BTU, atau kkal. Bila dalam reaksi kimia energinya terserap maka disebut dengan reaksi endotermis. Sumber energi bahan bakar yang sangat penting bagi manusia adalah reaksi kimia eksotermis yang pada umumnya disebut reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran melibatkan oksidasi dari bahan bakar fosil.

### **3. Energi nuklir**

Energi nuklir adalah energi dalam bentuk energi tersimpan yang dapat dilepas akibat interaksi partikel dengan atau di dalam inti atom. Energi ini dilepas sebagai hasil usaha partikel-partikel untuk memperoleh kondisi yang lebih stabil. Satuan yang digunakan adalah juta-an elektron reaksi. Reaksi nuklir dapat terjadi pada peluruhan radioaktif, fisi, dan fusi.

### **4. Energi panas**

Merupakan bentuk energi dasar di mana dalam kata lain adalah semua energi yang dapat dikonversikan secara penuh menjadi energi panas. Sebaliknya, pengonversian dari energi termal ke energi lain dibatasi oleh hukum termodinamika II. Bentuk energi transisi dan energi termal adalah energi panas (kalor), dapat pula dalam bentuk energi tersimpan sebagai kalor laten atau kalor sensibel yang berupa entalpi.

### **5. Energi kinetik**

Energi yang dimiliki oleh objek bergerak karena gerakan dan kecepatannya.

### **6. Energi cahaya**

Energi cahaya adalah energi yang dibawa oleh gelombang cahaya.

### **7. Energi potensial**

Energi potensial: Energi yang dimiliki oleh suatu benda akibat adanya pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut

#### **2.1 Konversi Energi**

Energi dalam pengetahuan teknologi dan fisika dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Energi di alam adalah kuantitas konstan (hukum pertama termodinamika). Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan,

tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya, misalnya pada kompor di dapur, energi yang tersimpan dalam minyak tanah diubah menjadi api. Selanjutnya, jika api digunakan untuk memanaskan air di dalam panci, energi tersebut diubah kembali menjadi pergerakan molekul air. Perubahan bentuk energi ini disebut konversi, dan perpindahan energi karena perbedaan suhu disebut kalor. Energi juga dapat ditransfer dari satu sistem ke sistem lain melalui gaya yang menyebabkan perubahan posisi suatu benda. Perpindahan energi ini merupakan kemampuan sistem untuk menghasilkan kerja yang berdampak positif bagi kebutuhan manusia. Energi adalah kuantitas yang tersimpan, dapat berubah bentuk, dan dapat berpindah dari satu sistem ke sistem lainnya, tetapi jumlah totalnya tetap sama.

### **2.2.1 Perpindahan Panas**

Kalor adalah suatu bentuk energi yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan sama sekali. Dalam suatu proses, kalor dapat menyebabkan kenaikan suhu suatu zat atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan listrik. 9 Proses perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung yaitu cairan panas akan bercampur langsung dengan cairan dingin tanpa separator dan secara tidak langsung yaitu jika cairan panas dan cairan dingin tidak bersentuhan langsung tetapi dipisahkan oleh separator . Berikut macam-macam perpindahan panas:

#### **1. Perpindaha panas konduksi**

Perpindahan panas antara molekul yang berdekatan dan tidak diikuti oleh gerakan fisik molekul. Molekul benda panas bergetar lebih cepat daripada molekul benda dingin. Getaran cepat ini, energi ditransfer ke molekul sekitarnya, menyebabkan getaran lebih cepat melepaskan panas

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

Q : Laju perpindahan panas (Watt, W)

k : Konduktivitas termal bahan (W/m·K)

A : Luas penampang perpindahan panas (m<sup>2</sup>)

ΔT : Selisih suhu antara dua sisi material (K atau °C)

Δx : Ketebalan material yang dilalui panas (m)

## 2. Perpindahan panas konveksi

Perpindahan panas dari satu zat ke zat lain disertai dengan gerakan fisik partikel atau zat.

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

Q: Laju perpindahan panas (Watt,W)

h: Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>·K)

A: Luas permukaan perpindahan panas (m<sup>2</sup>)

ΔT: Perbedaan suhu antara permukaan pemanas

## 3. Perpindahan panas radiasi

Perpindahan panas tanpa melalui suatu medium (tanpa melalui molekul). Suatu energi dapat dikirim dari suatu tempat ke tempat lain (dari benda panas ke benda dingin) dengan memancarkan gelombang elektromagnetik dimana energi elektromagnetik ini akan menjadi panas jika diserap oleh benda lain.

$$Q = \sigma \cdot \epsilon \cdot A (T^4 - T_s^4) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

$Q$  : Energi panas yang dipindahkan per satuan waktu (Watt, W).

$\sigma$  : Konstanta *Stefan-Boltzmann* ( $5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$ ).

$\epsilon$  : Emisivitas permukaan (bernilai antara 0 hingga 1,).

$A$  : Luas permukaan yang memancarkan panas ( $\text{m}^2$ )

$T$  : Suhu absolut permukaan yang memancarkan panas (K)

$T_s$  : permukaan yang menerima radiasi (K)

### 2.2.2 Boiling Time

Boiling time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air atau cairan. Waktu mendidih juga dapat menunjukkan kecepatan kompor dalam mendidihkan air. Dalam konteks penggunaan kompor berbahan bakar oli, boiling time menjadi parameter penting untuk mengevaluasi efisiensi pemanasan kompor tersebut.

Pengaruh *Boiling time pada* Pada kompor berbahan bakar oli dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Suhu awal cairan: Cairan yang lebih dingin membutuhkan waktu lebih lama untuk mendidih dibandingkan dengan cairan yang sudah hangat.
- b. Kapasitas panas sumber energi: Pemanas dengan daya tinggi akan mendidihkan cairan lebih cepat.
- c. Tekanan atmosfer: Pada ketinggian lebih tinggi, tekanan udara lebih rendah, sehingga cairan mendidih pada suhu lebih rendah, yang memengaruhi waktu mendidih.
- d. Jenis cairan: Cairan dengan kandungan zat terlarut atau cairan dengan titik didih tinggi memerlukan waktu lebih lama untuk mendidih

- e. Volume cairan: Semakin banyak cairan, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mendidih.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Q = Energi panas yang dibutuhkan (Joule)

m = Massa cairan yang dipanaskan (kg)

c = Kapasitas panas jenis cairan (J/kg°C)

$\Delta T$  = Perubahan suhu dari awal hingga titik didih (°C)

### 2.2.3 Fuel consumption rate (FCR)

*Fuel consumption rate* atau laju konsumsi bahan bakar adalah ukuran seberapa banyak bahan bakar yang digunakan oleh suatu mesin, kendaraan, atau alat tertentu dalam satuan waktu tertentu atau suatu jarak tertentu. Untuk persamaan *fuel consumption rate* dapat ditulis sebagai berikut:

$$FCR = \frac{mb}{\tau} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

FCR : Laju pembakaran (kg/s).

Mb : Massa oli (kg)

t : Waktu pembakaran (s).

### 2.2.4 Efisiensi Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia yang terjadi antara bahan bakar dengan oksigen dalam kehadiran temperatur tinggi (Turns dan Haworth, 2021). Proses pembakaran melibatkan tiga unsur penting yang dikenal sebagai "tiga elemen api" yaitu bahan bakar, oksigen, dan sumber panas. Ketika bahan bakar teroksidasi dengan oksigen akan terbentuk api dan sejumlah energi berbentuk panas akan dilepaskan.

Proses ini melibatkan berbagai reaksi kimia 16 kompleks yang mencakup tahap awal penghantaran, tahap penyalaan, tahap pembakaran primer, dan tahap pembakaran sekunder (Kuo, 2005). Reaksi kimia pembakaran dapat diringkas dengan rumus umum berikut:



Reaksi ini menghasilkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan membebaskan energi dalam bentuk panas.

Pembakaran juga memiliki beberapa karakteristik. Karakteristik pembakaran mencakup beberapa parameter penting seperti temperatur api, kecepatan pembakaran, efisiensi pembakaran, emisi, dan distribusi temperatur (Glassman dan Yetter, 2008). Temperatur api menggambarkan tingkat kepanasan api yang dihasilkan selama pembakaran, sedangkan kecepatan pembakaran mengacu pada kecepatan di mana bahan bakar terbakar. Efisiensi pembakaran mengukur sejauh mana energi bahan bakar dikonversi menjadi energi panas yang berguna, sedangkan emisi merujuk pada polutan yang dihasilkan selama proses pembakaran. Distribusi temperatur menggambarkan sejauh mana panas terdistribusi secara merata dalam sistem pembakaran (Turns dan Haworth, 2021).

a. Waktu Pembakaran

Untuk mencapai pembakaran yang sempurna, penting bagi bahan bakar dalam ruang bakar berada dalam zona pembakaran selama periode waktu yang memadai. Proses kimia pembakaran memerlukan durasi yang disebut sebagai waktu pembakaran.

b. Temperatur Pembakaran

Temperatur pembakaran merupakan variabel yang tergantung pada karakteristik khusus dari bahan bakar yang digunakan. Untuk mencapai pembakaran yang efisien, penting bahwa temperatur dalam ruang bakar harus berada pada tingkat yang lebih tinggi daripada temperatur yang dibutuhkan untuk proses penyalaan.

#### c. Turbulensi

Turbulensi memiliki peran yang signifikan dalam mempengaruhi proses pembakaran. Untuk memfasilitasi kontak langsung antara oksigen dalam udara dan bahan bakar, diperlukan turbulensi dalam bentuk pemusaran aliran udara, yang menghasilkan pencampuran yang efisien antara udara dan bahan bakar.

$$\eta_{th} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

$\eta_{th}$  : Efisiensi pembakaran (%)

$P_{out}$  : Daya bersih (Watt)

$P_{in}$  : Daya pembakaran (Watt)

#### 2.2.5 Flash Point

Flash point (titik nyala atau titik kilat) adalah titik suhu terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala. Penentuan titik nyala ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar. biodiesel nilai flash point minimal karena untuk mengeliminasi kontaminasi methanol akibat proses konversi minyak nabati yang tidak sempurna . Titik nyala didefinisikan sebagai suhu terendah di mana cairan menghasilkan uap yang mudah terbakar 14 dapat dinyalakan di udara dengan nyala api di atas permukaannya. Titik nyala ditentukan secara eksperimental dengan memanaskan sebuah kapal berisi cairan yang diuji. Nyala api disajikan secara

berkala ke permukaan cairan. Jika sebuah flash terjadi di ketel, itu menunjukkan bahwa suhu cairan yang diuji telah mencapai atau melebihi titik nyala. Penentuan titik nyala eksperimental dijelaskan dalam banyak standar nasional dan internasional, yang berbeda dalam cakupannya dan dalam kondisi eksperimental yang ditentukan Biodiesel yang dihasilkan, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai flash point yang diperoleh memenuhi standar. Selain itu dapat dilihat juga bahwa semakin besar katalis yang diberikan maka nilai flash point-nya cenderung kecil sehingga biodiesel lebih mudah terbakar dan perambatan api lebih cepat. Jika nilai flash point terlalu tinggi maka penyalanya akan sangat sulit sehingga membutuhkan lebih banyak energi untuk dapat menyalakannya. Flash point memiliki berbagai macam warna api dasar, jenis bahan bakar dan pencampurannya juga mempengaruhi nyala warna api yang dihasilkan, api memiliki beberapa warna dasar, dan persamaan yang digunakan antara lain :

$$T_{fb} \approx aT_b + b \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

$T_{fb}$  : *Flash point* (°C)

$T_b$  : Suhu didi (°C)

a,b : Bilangan konstanta empiris yang bergantung pada jenis cairan

### 1. Api merah

Api merah atau kuning bisa kita lihat saat pembakaran korek api atau kayu bakar. Dibanding warna lain, api jenis ini merupakan api dengan tingkat kepanasan paling rendah, yaitu kurang dari 1000 OC. Api ini merupakan bagian terluar dari matahari



Gambar 2.1 Api Merah  
Sumber: [\(Yohan widhi 2020\)](#)

## 2. Api biru

Api biru memiliki suhu sekitar kurang dari 2000 OC. Kita bisa melihat api ini didapur saat menyalakan kompor gas. Api jenis ini sudah mengalami pembakaran sempurna. Api biru memiliki tingkat kepanasan yang lebih tinggi dibandingkan api merah.



Gambar 2.2. Api Biru  
Sumber: [\(Yohan widhi 2020\)](#)

## 3. Api putih

Api warna putih memang jarang atau susah dilihat dengan mata langsung. Api ini memiliki suhu diatas 2000 OC. Karena tingkat kepanasannya yang tinggi api jenis ini biasa digunakan di dalam dunia perindustrian.



Gambar 2. 3 Api Putih  
Sumber: [\(Yohan widhi 2020\)](#)

### 2.3 Proses Pembakaran

Pembakaran adalah serangkaian reaksi-reaksi kimia eksotermal antara bahan bakar dan oksidan berupa udara yang disertai dengan produksi energi berupa panas

dan konversi senyawa kimia. Pelepasan panas dapat mengakibatkan timbulnya cahaya dalam bentuk api. Bahan bakar yang umum digunakan dalam pembakaran adalah senyawa organik, khususnya hidrokarbon dan fasa gas atau padat. 25 Pembakaran yang sempurna dapat terjadi jika ada oksigen dalam prosesnya dan keseimbangan antara bahan bakar dan udara. Bahan bakar padat atau cair harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar. Biasanya diperlukan panas untuk mengubah cairan atau padatan menjadi gas. Bahan bakar gas akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup. Terdapat bermacam-macam jenis pembakaran yang dapat dijelaskan pada poin-poin berikut ini

***a. Complete combustion***

Pada pembakaran sempurna, reaktan akan terbakar dengan oksigen, menghasilkan sejumlah produk yang terbatas. Ketika hidrokarbon yang terbakar dengan oksigen, maka hanya akan dihasilkan gas karbon dioksida dan uap air. Namun kadang kala akan dihasilkan senyawa nitrogen di dalam udara. Pembakaran sempurna hampir tidak mungkin tercapai pada kehidupan nyata.

***b. Incomplete combustion***

Pembakaran tidak sempurna umumnya terjadi ketika tidak tersedianya oksigen dalam jumlah yang cukup untuk membakar bahan bakar sehingga dihasilkannya karbondioksida dan air. Pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan zat-zat seperti karbondioksida, karbon monoksida, uap air dan karbon. Pembakaran yang tidak sempurna sangat sering terjadi, walaupun tidak diinginkan, karena karbon monoksida merupakan zat yang sangat berbahaya bagi manusia.

Kualitas pembakaran dapat ditingkatkan dengan perancangan media pembakaran yang lebih baik dan optimisasi proses.

Secara umum, pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses atau reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar dan oksidator dengan menimbulkan panas atau nyala. Bahan bakar merupakan segala substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan sulfur (S). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar. Dalam proses pembakaran fenomena-fenomena yang terjadi antara lain interaksi proses-proses kimia dan fisika, pelepasan panas yang berasal dari energi ikatan-ikatan kimia, proses perpindahan panas, proses perpindahan massa dan gerakan fluida.

#### **2.4. Minyak Pelumas (Oli)**

Berdasarkan jenis base oilnya minyak pelumas diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

##### **2.4.1 Oli Mineral**

Oli mineral terbuat dari pelumas dasar (base oil) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan disempurnakan dan ditambah dengan zat - zat aditif untuk meningkatkan kemampuan dan fungsinya. Beberapa pakar mesin memberikan saran agar jika telah biasa menggunakan oli mineral selama bertahun-tahun maka jangan langsung menggantinya dengan oli sintetis dikarenakan pelumas sintetis umumnya mengikis deposit (sisa) yang ditinggalkan oli mineral sehingga deposit tadi terangkat dari tempatnya dan mengalir ke celah-celah mesin sehingga mengganggu pemakaian mesin.

### **2.4.2 Oli sintetis**

Oli Sintetis biasanya terdiri atas Polyalphaolifins yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas. Senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Inilah mengapa oli sintetis bisa dicampur dengan oli mineral dan sebaliknya. Oli sintetis cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan asam. Pada dasarnya, oli sintetis didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral. Oli yang digunakan untuk melumasi mesin terdiri dari dua bahan utama yaitu base oil dan aditif. Minyak dasar memungkinkan oli mesin untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk melindunginya dari keausan yang 19 disebabkan oleh gesekan. Sementara itu aditif memberikan perlindungan mesin tambahan dengan mencegah oli memburuk di bawah kondisi suhu ekstrem di mesin. Agar oli mesin melumasi mesin, viskositasnya harus mampu bertahan di bawah kondisi suhu mesin yang ekstrem, oli menipis saat dipanaskan dan mengental saat dingin. Penting untuk memiliki analisis oli mesin dalam hal viskositas dan keausan yang ada elemen dalam minyak setelah digunakan. Dengan demikian, penelitian ini melakukan pekerjaan eksperimental pada oli mesin merek yang tersedia di pasar. Elemen viskositas dan keausan kemudian dibandingkan dengan oli yang tidak digunakan

### **2.4.3 Oli bekas**

Oli merupakan sisa dari produk-produk minyak bumi yang lain. Beberapa produk sisa adalah minyak bakar residu, minyak bakar untuk diesel, road oil, spray oil, coke, asphalt, dll. Oli bekas yang dikeluarkan dari peralatan biasanya dibuang begitu saja bahkan ada yang dimanfaatkan kembali tanpa melalui proses daur ulang yang

benar. Dalam oli bekas terdapat nilai kalor. Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen. Secara umum terdapat 2 macam oli bekas, yaitu oli bekas industri (*light industrial oil*) dan oli hitam (*black oil*). Oli bekas industri relatif lebih bersih dan mudah dibersihkan dengan perlakuan sederhana, seperti penyaringan dan pemanasan. Oli hitam berasal dari pelumasan otomotif. Oli yang penggunaannya lama maka karakteristik akan hilang, lebih cair dan tidak layak pakai.

Oli ini dalam pemakaiannya mendapat beban 20 termal dan mekanis yang lebih tinggi. Dalam oli hitam terkandung partikel logam dan sisa pembakaran. Setelah pemakaian beberapa lama sifat-sifat fisik dan kimia oli akan mengalami perubahan karena temperatur yang tinggi dan tekanan sehingga tidak memenuhi persyaratan lagi sebagai pelumas, terutama viskositasnya yang terlalu rendah. Oli bisa di daur ulang tapi tidak dapat menjadi sempurna. Sesudah dilakukan proses pembersihan dari kotoran, oli bekas diharapkan mempunyai karakteristik yang mirip dengan bahan bakar diesel (*LDO = light diesel oil*). Berikut tabel mengenai perbandingan antara solar dengan bahan bakar yang mirip solar dihasilkan dari limbah oli bekas.



Gambar 2.4 oli bekas  
Sumber: (*Azharuddin, 2021*)

## 2.5. Burner

*Burner* adalah sebuah alat untuk menghasilkan api untuk memanaskan benda dengan menggunakan bahan bakar baik padat, cair maupun gas. Agar dapat menghasilkan pembakaran sempurna, maka burner membutuhkan udara untuk untuk dicampur dengan bahan bakar . Karena menggunakan limbah oli bekas sebagai bahan bakar, maka ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan agar burner dapat bekerja dengan sempurna, dimana oli bekas merupakan fluida dengan titik flash point yang tinggi yaitu pada temperatur  $204^{\circ}\text{C}$ , temperatur pembakaran yang tinggi ini dapat mempersulit mekanisme pembakaran. Oleh sebab itu, pada penelitian kali ini bahan bakar yang akan mengalami proses pemanasan awal pada rentang temperatur  $100-110^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 2.5 burner

Sumber : ([Mafruddinman, 2022](#))

## 2.6 Blower

Menurut Slamet Nugroho (2012) blower adalah Mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu , juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Biasanya blower digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu didalam suatu ruangan. Selain itu blower merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir yang melebihi dari 40 psig. Blower tidak didinginkan dengan air karena karena penambahan biaya yang dibutuhkan untuk system pendinginan tidak menguntungkan atau efisiensi bila ditinjau

dari keuntungan yang diperoleh begitu kecil dari kinerja blower ini. Menurut F. Fery Yudisworo (2014). Fan adalah peralatan yang menyebabkan aliran suatu fluida gas dengan cara menciptakan sebuah beda tekan melalui pertukaran momentum dari bilah fan ke partikel-partikel fluida gas. Impeller fan mengubah energi mekanik rotasional menjadi energi kinetik maupun tekanan dalam fluida gas. Pembagian energy mekanik menjadi energy kinetik dan tekanan yang diciptakan serta efisiensi energy bergantung pada jenis impeller fan yang dirancang. Selain itu fan digunakan untuk memindahkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran ( duct) dan juga bisa digunakan sebagai pendinginan serta system ventilasi ruangan



Gambar 2.6 blower

Sumber : (Prabuditya Bhisma, 2023)

### 2.6.1 klasifikasi blower

Secara umum, klasifikasi blower dibagi 2 jenis yaitu :

#### a. *Blower sentrifugal*

Blower sentrifugal terlihat lebih seperti pompa sentrifugal daripada fan. Impellernya digerakan oleh gear dan berputar 15.000 Rpm. Blower multi tahap, udara dipercepat setiap melewati impeller. Pada blower tahap tunggal, udara tidak mengalami banyak belokan, sehingga lebih efisien. Blower sentrifugal beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 Kg/cm<sup>2</sup> , namun dapat mencapai tekanan yang lebih tinggi. Satu karakteristiknya adalah bahwa aliran udara cenderung turun secara

drastis begitu tekanan sistem meningkat, yang dapat merupakan kerugian pada sistem pengangkutan bahan yang tergantung pada volume udara. Oleh karena itu, alat ini sering digunakan untuk penerapan sistem yang cenderung tidak terjadi penyumbatan.

***b. Blower positive displacement***

Blower ini bekerja dengan memindahkan sejumlah udara tertentu dalam setiap putaran roda. Mereka menghasilkan tekanan lebih tinggi dan dapat digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan aliran udara yang stabil dengan tekanan konstan.

## **2.7 Tekanan Udara**

Tekanan udara adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara setiap luasan tertentu (Yulkifli dkk, 2014). Udara yang mengembang menghasilkan tekanan udara yang lebih rendah. Sebaliknya udara yang berat menghasilkan tekanan yang lebih tinggi. Tekanan udara bisa juga disebut dengan tekanan atmosfer bumi. Tekanan atmosfer bumi, sebagaimana fluida, berubah terhadap ketinggian dan cuaca. Pada suatu tekanan udara dalam suhu yang tinggi akan mengakibatkan rendahnya kerapatan udara. Tekanan menggambarkan gaya persatuan luas pada suatu ketinggian tertentu. Dimana tekanan udara merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dan menentukan kerapatan udara selain 22 daripada suhu udara. Ketinggian kerapatan udara (density height) adalah suatu ketinggian dalam atmosfer standar badan penerbangan internasional (ICAO), dimana kerapatan udaranya sesuai dengan kerapatan udara pada suatu tempat tertentu. Pada umumnya makin tinggi suatu ketinggian dari permukaan laut, tekanan udaranya semakin berkurang, karena jumlah molekul dan atom yang ada di atasnya berkurang. Dengan demikian dapat kita katakan bahwa tekanan udara menurun terhadap ketinggian, begitu juga dengan kerapatan udara. Alat untuk mengukur tekanan udara adalah barometer



Tabel 2. 1 Viskositas Beberapa Jenis Fluida

No	Jenis minyak	Suhu	Viskositas
1.	Air	25	0,89
2.	Alkohol Ethyl	20	1,2
3.	Minyak Mesin (SAE 10	30	200
4.	Gliserin	20	1500
5.	Udara	20	0,018
6.	Hydrogen	0	0,009
7	Minyak tanah	28	0,294-3,34
8.	Bensin	20	0,625
9.	Alcohol	27	0,8609
10	Aseton	27	0,34

Sumber: ( *santoso, 2010* )

## 2.9 Konsep Dasar Perhitungan

Dengan mengambil oli sebagai bahan bakar kompor yang akan diteliti, sebagai acuan, maka persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

### 1. Fuel Consumption Rate (FCR)

Perbandingan antara jumlah bahan bakar yang terpakai dengan waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air. Adapun rumusnya sebagai berikut( suluh, sallolo .at 2023)

$$FCR = \frac{mb}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

FCR : Laju pembakaran kg/s).

M<sub>o</sub> : Massa oli (kg)

T : Waktu untuk memanaskan air (s).

### 2. Daya Bersih (P<sub>out</sub>)

Daya bersih (P<sub>out</sub>) adalah perbandingan antara energi yang digunakan untuk memanaskan air dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih.

Adapun penjabaran rumusnya sebagai berikut.

$$P_{\text{out}} = \frac{M_{\text{uap}} \times CP_{\text{uap air}} \times \Delta T}{t} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$P_{\text{out}}$  : Daya bersih (Watt)

$CP_{\text{air}}$  : Kalor spesifik air (kJ/kg°C)

$M_{\text{uap air}}$  : Massa uap air (kg)

$\Delta T$  : Temperatur awal dari air – temperatur akhir (°C)

$t$  : Waktu untuk memanaskan air (s)

### 3. Daya pembakaran ( $P_{\text{in}}$ )

Daya pembakaran ( $P_{\text{in}}$ ) adalah perbandingan antara energi yang digunakan untuk memanaskan air dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih. Adapun penjabaran rumusnya sebagai berikut.

$$P_{\text{in}} = \frac{m_{bt} \times LHV}{t} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$P_{\text{in}}$  : Daya pembakaran (Watt)

LHV : Nilai kalor bawah bahan bakar (KJ/Kg°C)

$t$  : Waktu untuk memanaskan air (s)

### 4. Low Heating Value, LHV (kJ/kg)

Untuk menghitung nilai kalor atas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$LHV = \frac{M_{\text{air}} \times Cp \times \Delta T}{M_b} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

LHV : Low heating value (kJ/kg)

$M_{\text{air}}$  : Massa air (kg)

$C_p$  : Kalor spesifik air (kJ/kg °C)

$\Delta T$  : Selisih temperature (°C)

$M_o$  : massa oli (kg)

#### 5. Efisiensi pembakaran ( $\eta_m$ )

Efisiensi pembakaran adalah perbandingan antara daya bersih yang digunakan untuk memanaskan air dengan daya pembakaran bahan bakar. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

$\eta_{th}$  = Efisiensi pembakaran (%)

$P_{out}$  = Daya bersih (Watt)

$P_{in}$  = Daya pembakaran (Watt)

#### 6. Selisih Temperatur, $\Delta T$ (°C)

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

$\Delta T$  : Selisih temperature (°C)

$T_1$  : Temperatur awal (°C)

$T_2$  : Temperatur akhir (°C)

#### 7. Kalor spesifik air, $c_p$ (kJ/kg °C)

$C_p$  diperoleh dari tabel property dengan menggunakan temperature 27 °C diperoleh  $C_p$  sebesar 4.1918 kJ/kg °C.

8. Daya output / daya bersih  $P_{out}$  (Watt)

$$P_{out} = \frac{M_{uap} \times C_p \text{ uap air} \times \Delta T}{t} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$P_{out}$  : Daya output (Watt)

$M_{uap \text{ air}}$  : Massa uap air (kg)

$\Delta T$  : Selisih temperatur ( $^{\circ}C$ )

9. Daya pembakaran  $P_{in}$  (Watt)

$$P_{in} = \frac{M_o \times LHV}{t} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$P_{in}$  : Daya pembakaran (Watt)

$M_o$  : Massa oli (kJ/kg)

LHV : Low Heating Value (kJ/kg)

T : Waktu pendidihan air (menit)

10. Luas Penampang Plat ( $A$ )

$$A = 1/4 \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

11. Laju Perpindahan Panas Konduksi ( $Q_{koud}$ )

$$Q_{kond} = A \cdot k \cdot \frac{\Delta T}{Ax} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

$Q_{kond}$  = Laju perpindahan panas konduksi (Watt)

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$k$  = Koefisien perpindahan panas konduksi ( $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$ )

$\Delta T$  = Selisi temperatur ( $^{\circ}C$ )

$\Delta x$  = Tebal (*m*)

## 12. Temperatur rata rata (*T*)

$$T = \frac{T_{fin} + T_{sa}}{2}$$

Keterangan:

*T* = Temperatur rata rata (°C)

*T<sub>f</sub>* = Temperatur awal (°C)

*T<sub>s</sub>* = Temperatur akhir (°C)

## 13. Bilangan Reynold (*Re*)

$$Re = \frac{v \cdot L}{\mu} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

*Re* = Reynold Number

*V* = Laju aliran fluida (m/s)

*L* = Panjang karakteristik (m)

*v* = Viskositas dinamik fluida ( $m^2/s$ )

## 14. Bilangan Prandtl (*Pr*)

$$Pr = \frac{\mu \cdot cp}{k} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

*Pr* = Peandtl number

*C<sub>p</sub>* = Kalor spesifik fluida ( $J/kg \cdot k$ )

$\mu$  = viskositas dynamic fluida ( $kg/m \cdot s$ )

*k* =Konduktivitas thermal fluida ( $w/m^2 \cdot k$ )

## 15. Bilangan Nusselt (*Nu<sub>D</sub>*)

Dengan persamaan *The Dittus – Boiler*:

$$Nu = C . Re^n . Pr^n \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

$Nu$  = Nusselt number

$Re$  = Reynold number

$Pr$  = Prandtl number

$C . m . n$  = Konstan empirik

#### 16. Koefisien perpindahan panas konveksi

$$h = \frac{Nu.k}{L} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

$h$  =Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2 . ^\circ C$ )

$Nu$  = Nusselt number

$k$  = Konduktivitas themal ( $W/m . ^\circ C$ )

$L$  = Panjang karakteristik ( $m$ )

#### 17. Laju Perpindahan Panas Konveksi ( $Q_{kond}$ )

$$Q_{kond} = h . A . \Delta T \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

$Q_{kond}$  = Laju Perpindahan Panas Konduksi (Watt)

$h$  = Koevisien Perpindahan Panas ( $W/m^2 . ^\circ C$ )

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$\Delta T$  = Perbedaan Temperatur ( $^\circ C$ )

## 2.10 Jurnal Rujukan

(A kusnandi et al., 2020) ” Rancangan kompor ekonomis berbahan bakar oli ” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rancang bangun kompor (burner) berbahan bakar oli bekas, beserta spesifikasinya dan mengetahui hasil pengujian menggunakan kompor (burner) pembakaran oli bekas Andi kusmandi juga menyatakan Bahwa energi merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia untuk berbagai kebutuhan. Energi pada umumnya digunakan untuk berbagai keperluan seperti memasak, bahan bakar kendaraan, industri dan lain sebagainya. Saat ini energi yang digunakan mayoritas bersumber dari minyak bumi yang didapat dari hasil tambang. Akibat penggunaannya dilakukan terus - menerus, kini ketersediaanya semakin lama semakin berkurang, maka tersedianya bahan bakar alternatif sangatlah diperlukan untuk mengurangi penggunaan Gas Elpiji. Saat ini telah ada beberapa orang atau kelompok masyarakat yang telah memanfaatkan oli bekas sebagai bahan bakar. Namun pemanfaatan ini hanya untuk penggunaan pengerjaan tertentu bukan untuk kalangan umum, seperti untuk bahan bakar pembakaran Batu Gamping, dan peleburan aluminium.

Albertus Laurensius dkk (2017), meneliti tentang perancangan sistem kerja kompor ekonomis dengan bahan bakar oli bekas. Hasil penelitian yang di lakukan adalah perancangan sistem kerja kompor dengan bahan bakar oli bekas. 8 Hasil perancangan yang di lakukan oleh peneliti yang semulanya kompor ini berbeda dan hanya menggunakan bahan bakar gas atau minyak tanah. Pada perancangan ini peneliti melakukan perubahan dengan merubah bahan bakar yang di gunakan kompor dengan oli bekas dan menjadikan suatu produk yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi, tidak memerlukan biaya yang besar untuk bahan bakarnya. Penelitian ini

menghasilkan kompor yang baru, redesign dari bentuk yang telah digunakan saat ini. Kompor yang dihasilkan menggunakan pendekatan anthropometri pada perancangannya agar pengguna merasa nyaman. Penggunaan limbah oli bekas dalam meningkatkan nilai ekonomis dari kompor tersebut.

Oli merupakan salah satu sisa produk minyak bumi, dimana beberapa produk sisa dari minyak bumi adalah minyak bakar sisa atau residu, minyak bakar untuk diesel, road oil, spray oil, coke, asphalt, dan sebagainya (Ahmad, 2019). Karakteristik oli juga tidak jauh dari minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar, oleh sebab itu bukan tidak mungkin oli bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar. Namun, oli bekas tidak dapat mencapai pembakaran yang sempurna, seperti solar maupun bensin pada umumnya. Hal ini terjadi karena oli bekas tidak mudah terbakar sehingga tidak terjadi pengkabutan seperti bahan bakar yang lain. Walau demikian oli bekas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan mengoptimalkan pembakaran (Pratama, 2019).