

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Boiler

Boiler atau ketel uap adalah salah satu mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi uap. Energi uap ini sangat diperlukan di industri-industri tekstil, kertas dan makanan serta untuk berbagai keperluan, misalnya pemanas dan pembangkit listrik. Umumnya *boiler* mempunyai dua proses utama yaitu: a) proses pembakaran dan pelepasan panas, serta b) proses perpindahan panas dan pembangkitan uap dari air umpan. Sedangkan bahan bakar atau sumber energi *boiler* dapat bermacam-macam, yaitu batubara, minyak, gas, biomassa, atau panas limbah/buangan (*waste heat*) (Iskandar, 2015).

Fungsi *boiler* adalah untuk mengubah air menjadi uap yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar baik dalam bentuk padat, cair dan gas. Sistem uap berfungsi untuk mengumpulkan dan mengontrol produksi uap dalam *boiler* (Santiatma, 2017).

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem (S, Hikmarika dan Dwijayanti, 2013).

2.2 Klasifikasi Boiler

Berbagai bentuk *boiler* telah berkembang mengikuti kemajuan teknologi dan evaluasi dari produk-produk *boiler* sebelumnya berdasarkan efisiensi, dampak terhadap lingkungan dan produk *steam* yang dihasilkan. Berdasarkan fluida yang

mengalir di dalam pipa, *boiler* terbagi menjadi pipa api dan pipa air. Klasifikasi *boiler* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi *Boiler*

Macam/Jenis	Pipa Air	Pipa Api
Kapasitas, (ton/jam)	3-300	1-30
Tekanan Uap, (kg/cm ²)	1-200	1-20
Metode Sirkulasi Air Umpan,	Alamiah dan paksa	Alamiah
Jumlah Air yang Tersedia,	30-40%	100-200%
Waktu Menghasilkan Uap, (menit)	10-20	20-30
Pengendalian Kualitas Air,	Sukar (lebih sukar pada tekanan tinggi)	Relatif mudah
Penyesuaian pada Macam-macam Beban,	Relatif baik	Baik
Umur Badan Utama, (tahun)	10-30	10-20
Efisiensi Boiler, (%)	85-90	80-85

Iskandar, 2015

2.2.1 *Boiler* Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

Boiler pipa api merupakan pengembangan dari ketel lorong api dengan menambah pemasangan pipa –pipa api, dimana gas panas hasil pembakaran dari ruang bakar mengalir didalamnya, sehingga akan memanasi dan menguapkan air yang berada di sekeliling pipa –pipa api tersebut. Pipa - pipa api berada atau terendam didalam air yang akan diuapkan. Volume air kira – kira $\frac{3}{4}$ dari tangki ketel(Muzaki dan Mursadin, 2019).

Dalam perancangan *boiler* ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan agar *boiler* yang direncanakan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang dibutuhkan.

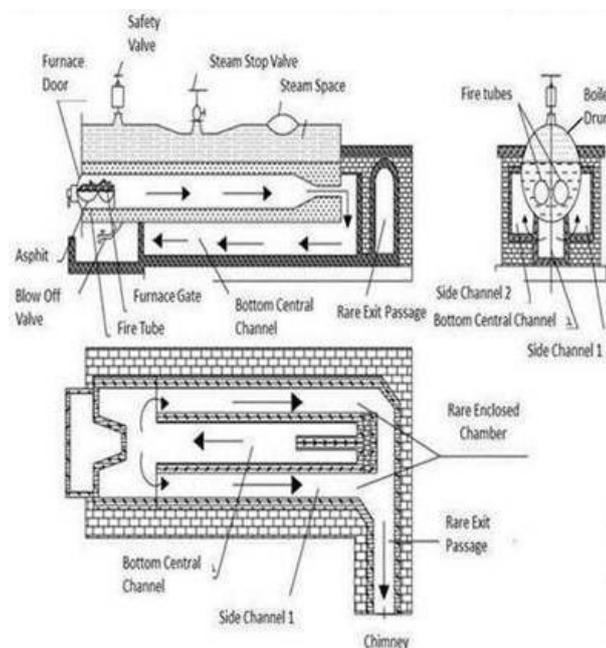
Faktor yang mendasari pemilihan jenis *boiler* adalah sebagai berikut :

- a. Kapasitas yang digunakan
- b. Kondisi steam yang dibutuhkan
- c. Bahan bakar yang dibutuhkan
- d. Konstruksi yang sederhana dan perawatan mudah
- e. Tidak perlu air isian yang berkualitas tinggi

Kerugian *fire tube boiler* (Muzaki dan Mursadin, 2019):

1. Tekanan steam hasil rendah
2. Kapasitas kecil
3. Pemanasan relatif lama

Boiler yang tergolong dalam jenis *fire tube boiler* adalah jenis *boiler* kecil yang sederhana dan pada umumnya memiliki kapasitas 10 ton/jam dengan tekanan 16 kg/cm², sehingga tergolong ke dalam *boiler* bertekanan rendah. Karena kapasitas, tekanan, dan temperatur uap yang dihasilkan rendah maka *fire tube boiler* jarang digunakan untuk pengolahan modern. *Fire tube boiler* memiliki konstruksi yang relatif sederhana, kokoh, dan mudah dijangkau harganya. Kekurangannya adalah lambat dalam mencapai tekanan operasi pada awal operasi, dan keuntungan menggunakan boiler ini adalah fleksibel terhadap perubahan beban secara cepat (Hanifah dkk, 2019).



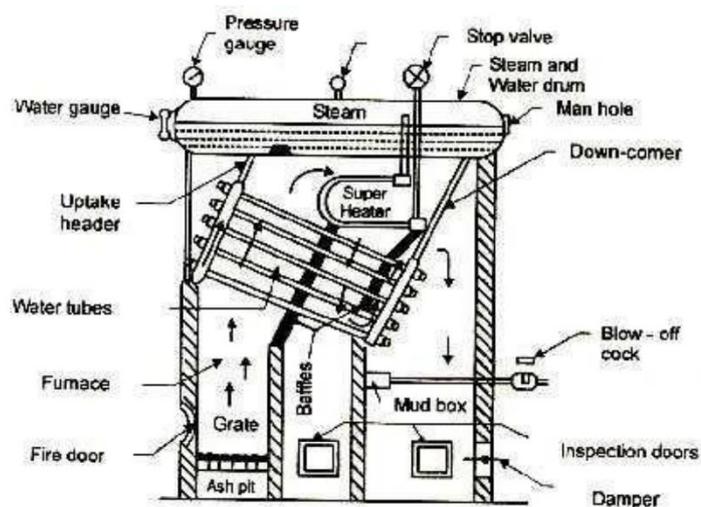
Gambar 2.1. Konfigurasi *Fire Tube Boiler*

(Iskandar, 2015)

2.2.2 Boiler Pipa Air (*Water Tube Boiler*)

Pada *boiler* pipa air, air umpan mengalir melalui bagian dalam pipa yang selanjutnya masuk ke dalam *drum*. *Boiler* ini dipilih jika kebutuhan *steam* dan tekanan *steam* sangat tinggi. Karakteristik pada jenis ini ialah dapat menghasilkan *steam* dengan jumlah yang relatif banyak. *Boiler* pipa air umumnya terdiri dari beberapa *drum* dengan eksternal *tubes*. *Tubes* terhubung langsung dengan *drum* dengan cara diroll juga diperkuat dengan las atau *seal welded*.

Prinsip kerjanya yaitu proses pengapian terjadi di luar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa berisi air. *Steam* yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah *steam drum*. Sampai tekanan dan temperatur sesuai, *saturated steam* dipanaskan lagi oleh *superheater* untuk menghasilkan *superheated steam* hingga mengalir ke *outlet* sistem sebagai *superheated steam* melalui pipa distribusi. Bahan bakar yang banyak digunakan pada *boiler* jenis ini adalah minyak solar dan gas (Muzaki & Mursadin, 2019).



Gambar 2.2. Konfigurasi *Water Tube Boiler*
(Iskandar, 2015)

2.3 Komponen- komponen Boiler

Komponen *Boiler* adalah seperangkat alat atau unit proses yang merupakan bagian dari *boiler*. Setiap komponen memiliki fungsi yang berbeda dan terhubung dengan komponen lainnya sesuai alur prosesnya. Komponen-komponen ini akan membentuk suatu kesatuan menjadi sistem *boiler*.

a. *Furnace* (Ruang bakar)

Furnace (ruang bakar) berfungsi sebagai tempat terjadinya pembakaran bahan bakar yang menjadi sumber panas yang diperlukan dalam pembentukan *steam*.

b. *Burner*

Pada prinsipnya burner adalah transduser yang berguna untuk mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Dalam hal ini burner berfungsi untuk mencampur bahan bakar dengan pembangkitan tertentu, sehingga reaksi pembakaran dapat berjalan dengan baik dan bahan bakar yang terbakar dapat menghasilkan energy panas yang maksimal.

c. *Tubing Water Tube*

Water tube berfungsi sebagai tempat aliran air umpan yang akan dipanaskan. Pipa air mengalami kontak langsung dengan api pembakaran, sehingga pemanasan air di dalam pipa terjadi dan menyebabkan fluida mengalami pergerakan molekul air ke arah *steam drum*.

d. *Steam Drum*

Steam drum merupakan tempat penampungan air panas yang bercampur dengan uap air jenuh. *Steam Drum* menampung sirkulasi air *boiler* dan memisahkan *saturated steam* yang telah terbentuk sebelum masuk ke *superheater*.

e. *Water Drum*

Water drum merupakan tempat menampung kotoran atau air berlebih yang terbentuk selama proses pembentukan *steam*. Alat ini berhubungan erat dengan *steam drum* dalam proses sirkulasi air di dalam *boiler*. Kotoran yang terbawa ke dalam *water drum* akan diendapkan dan pada setiap saat endapan ini dibuang keluar dengan membuka *drain valve*. Selain itu, fluida yang masih berfase cair di dalam *steam drum* akan mengalir ke *water drum* secara alami melalui *blowdown tube*.

f. *Superheater*

Superheater merupakan tempat untuk meningkatkan temperatur *saturated steam* dan mengubah fasenya menjadi *superheated steam*. Temperatur akan naik sampai menjadi kondisi *superheated steam* karena ada suplai panas dari pembakaran.

g. *Pressure Safety valve*

Pressure safety valve berfungsi sebagai pengaman yang akan bekerja bila terdapat tekanan lebih pada *boiler* atau tekanan pada *boiler* melebihi batas tekanan yang diatur. *Pressure safety valve* akan mengeluarkan uap secara otomatis apabila tekanan melebihi batas yang ditentukan.

h. *Drain Valve*

Drain Valve merupakan saluran yang berfungsi membuang endapan yang berada di dalam pipa steam ataupun di dalam *drum*. Air di dalam *boiler* akan menjadi kondensat dan di dalamnya juga terdapat padatan-padatan yang dapat menjadi kerak.

i. Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal adalah pompa yang mempunyai elemen utama yakni berupa motor penggerak dengan sudut impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Prinsip kerjanya yakni dengan mengubah energi mekanis alat penggerak menjadi energi kinetik fluida, kemudian fluida di arahkan ke saluran buang dengan memakai tekanan dengan menggunakan impeller yang berputar di dalam *casing*. Pompa sebagai komponen *boiler* berfungsi sebagai media pengumpan air umpan *boiler*.

j. Kompresor

Kompresor adalah alat yang berfungsi meningkatkan tekanan udara untuk kebutuhan proses dalam suatu sistem proses. Kompresor sebagai komponen *boiler* berfungsi sebagai media penyalur udara pembakaran yang dibutuhkan oleh *burner*. Selain itu, kompresor dapat mengatur laju alir udara yang dibutuhkan sesuai dengan rasio udara bahan bakar yang akan dipakai.

k. *Pressure Indicator*

Pressure indicator berfungsi sebagai alat untuk menunjukkan besarnya tekanan uap. Tekanan merupakan faktor penting dalam proses di *boiler*. Tekanan proses yang diinginkan harus dijaga sesuai dengan kebutuhan *steam*. Satuan pengukurannya dikenal dengan istilah psi, psf, mmHg, inHg, bar dan atm.

l. *Temperature Indicator*

Temperature Indicator adalah alat yang berfungsi menunjukkan suhu dari suatu proses. Komponen ini menunjukkan suhu yang ada pada *steam drum* dan *steam* yang terbentuk.

m. *Valve*

Valve berfungsi untuk mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran fluida di dalam *boiler*. *Valve* yang terpasang pada *boiler* terdiri dari *valve* untuk air umpan, check valve air umpan dan *valve* pengatur aliran *saturated steam* dan *superheated steam*.

2.4 Prinsip Kerja Boiler

Air terdiri dari molekul-molekul air yang bergerak bebas dalam lingkungannya. Molekul tersebut tidak akan meninggalkan lingkungannya karena ada gaya tarik-menarik antara molekul air itu sendiri, apabila air tersebut dipanaskan maka kecepatan gerak molekulnya akan bertambah, namun molekul itu belum mampu untuk melepaskan diri dari lingkungannya. Bila air tersebut terus dipanaskan sampai temperatur didih air (100° C) maka molekul-molekul air tersebut mampu melepaskan diri dari lingkungannya dan mampu melepaskan diri dari gaya tarik menarik antara molekul-molekul air tersebut. Peristiwa proses penguapan dan molekul-molekul tersebut disebut molekul uap dan uap yang terbentuk dari proses penguapan disebut uap kering (Kenneth E. Heselton, 2005).

Proses pembentukan uap pada *boiler* diawali dengan mengalirkan air umpan *boiler* menggunakan pompa dengan tekanan yang sesuai spesifikasi yang dibutuhkan. Prinsip kerja *boiler* sendiri yaitu mengubah energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran antara bahan bakar dengan udara, dari air menjadi uap dengan temperatur dan tekanan yang tinggi. Pembakaran merupakan reaksi kimia yang terjadi antara bahan bakar dengan udara, dimana dalam bahan bakar tersebut terkandung bahan-bahan yang mudah terbakar dengan udara yang mengakibatkan terlepasnya energi yang terkandung oleh bahan bakar dan berubah menjadi energi *thermal*. Sisa dari pembakaran adalah gas buang yang temperaturnya masih lumayan cukup tinggi, energi panas hasil pembakaran di

dalam *boiler* tersebut akan merambat secara konduksi, konveksi dan radiasi (Heselton, 2005). Pemanas ruangan juga merupakan salah satu aplikasi dari boiler. Prinsip kerja pemanas ruangan dikembangkan berdasarkan Hukum Termodinamika I dan II.

2.5 Dasar Termodinamika

Termodinamika adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi ketika suatu sistem mengalami proses termodinamika dari suatu keadaan ke keadaan lain. Berbagai aplikasi teknik menunjukkan pentingnya prinsip-prinsip termodinamika teknik seperti pada sistem energi alternatif, pembangkit listrik, sistem pendingin, pompa kalor merupakan sistem-sistem yang menghasilkan suatu konversi energi (Hougen dkk,1974).

2.5.1 Hukum Termodinamika I

Hukum Termodinamika I merupakan penerapan kekekalan energi, yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, meskipun energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya dengan total energinya sama. Bila diberikan panas (dQ) pada suatu sistem, maka sistem akan berekspansi dan melakukan kerja sebesar (dW) dan menimbulkan penambahan kecepatan molekul dari sistem serta pertambahan jarak antara molekul-molekul dari sistem karena sistem berekspansi. Energi total dari suatu sistem disebut sebagai energi dalam (U). Energi dalam adalah sifat keadaan, artinya nilai energi dalam bergantung hanya pada keadaan akhir sistem dan tidak bergantung pada cara pencapaian keadaan itu (Borgnakke dan Sonntag, 2006). Energi dalam mempunyai dua sifat lebih lanjut, yaitu:

- a) Energi dalam sistem yang terisolasi adalah tetap. Pengamatan ini sering diringkas dengan ucapan bahwa energi bersifat kekal. Bukti kekekalan energi adalah kemustahilan untuk membuat mesin yang bergerak terus menerus, yang bekerja tanpa bahan bakar; mustahil untuk menciptakan atau menghancurkan energi.
- b) Sifat kedua energi dalam adalah perpindahan energi. Kalor dan kerja adalah cara dalam mengubah energi sistem.

Kedua sifat energi ini diringkas menjadi pernyataan yang disebut hukum pertama termodinamika yaitu energi dalam suatu besarnya tetap kecuali jika diubah dengan melakukan kerja atau pemanasan. Sesuai dengan hukum ini, energi yang diberikan oleh kalor mesti sama dengan kerja eksternal yang dilakukan ditambah dengan perolehan energi dalam karena kenaikan temperatur.

2.5.2 Hukum Termodinamika II

Hukum kedua termodinamika dinyatakan dengan entropi. Pada hukum pertama, energi dalam digunakan untuk mengenali perubahan yang diperbolehkan sedangkan pada hukum kedua entropi digunakan mengenali perubahan spontan di antara perubahan-perubahan yang diperbolehkan ini. Hukum kedua berbunyi entropi suatu sistem bertambah selama ada perubahan spontan.

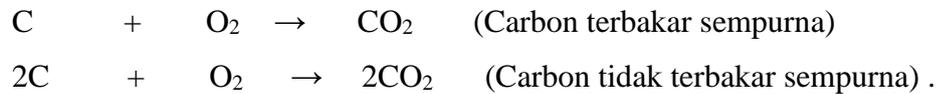
Proses irreversibel (seperti pendinginan hingga mencapai temperatur yang sama dengan lingkungan dan pemuatan bebas dari gas) adalah proses spontan, sehingga proses itu disertai dengan kenaikan entropi. Proses irreversibel menghasilkan entropi, sedangkan proses reversibel adalah perubahan yang sangat seimbang, dengan sistem dalam keseimbangan dengan lingkungannya pada setiap tahap. Proses reversibel tidak menghasilkan entropi, melainkan hanya memindahkan entropi dari suatu bagian sistem terisolasi ke bagian lainnya

Semakin tinggi entropi suatu sistem, semakin tidak teratur pula sistem tersebut, sistem menjadi lebih rumit, kompleks, dan sulit diprediksi. Untuk mengetahui konsep keteraturan, mula-mula kita perlu membahas hukum kedua termodinamika yang dikenal sebagai ketidaksamaan Clausius dan dapat diterapkan pada setiap siklus tanpa memperhatikan dari benda mana siklus itu mendapatkan energi melalui perpindahan kalor. Ketidaksamaan Clausius mendasari dua hal yang digunakan untuk menganalisis sistem tertutup dan volume tetap berdasarkan hukum kedua termodinamika yaitu sifat entropi dan neraca entropi (Evalina dkk, 2019)

2.6 Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah

terbakar adalah karbon, hidrogen dan sulfur (Wahjudi, 2017). Dalam proses suatu pembakaran jika tidak ada cukup oksigen, maka karbon tidak akan terbakar seluruhnya, contohnya sebagai berikut :



Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Menurut Utami dkk, (2016), dapat dilakukan dengan pengontrolan “tiga T” yaitu

- a. T- Temperatur Temperatur yang digunakan untuk pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.
- b. T- Turbulensi Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.
- c. T- Time Waktu harus cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia. Dalam proses pembakaran tidak terlepas dari penyalaan yaitu sebuah keadaan transisi dari tidak reaktif ke reaktif karena rangsangan atau dorongan eksternal yang memicu reaksi termokimia diikuti dengan transisi yang cepat sehingga pembakaran dapat berlangsung. Proses tersebut, Kimia yaitu dengan memasukan bahan kimia reaktif.

2.7 Rasio Udara-Bahan Bakar (*Air-fuel Ratio/AFR*)

Metode ini merupakan metode yang paling sering digunakan dalam mendefinisikan campuran dan merupakan perbandingan antara massa dari udara dengan bahan bakar pada suatu titik tinjau. Secara simbolis *Air Fuel Ratio* (AFR) dihitung sebagai jumlah mol bahan bakar.

Jika nilai aktual lebih besar dari nilai AFR, maka terdapat udara yang jumlahnya lebih banyak dari pada yang dibutuhkan sistem dalam proses pembakaran dan dikatakan miskin bahan bakar dan jika nilai aktual lebih kecil dari AFR stoikiometrik maka tidak cukup terdapat udara pada sistem dan dikatakan kaya bahan bakar (Wahjudi, 2017).

2.8 Air Umpan

Pada proses di alat Boiler Pipa Api, air digunakan sebagai bahan baku utama untuk menghasilkan uap. Uap tersebut akan digunakan untuk memutar turbin. Hasil perputaran turbin akan menghidupkan generator sehingga dihasilkan listrik.

Air umpan adalah air yang disuplai ke boiler untuk diubah menjadi steam. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk boiler sesuai dengan kebutuhan sistem. Secara umum air yang akan digunakan sebagai umpan boiler adalah air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya endapan yang dapat membentuk kerak pada boiler, air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi terhadap boiler dan sistem penunjangnya dan juga tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya pembusaan terhadap air boiler (Rahayu dkk, 2019). Oleh karena itu untuk dapat digunakan sebagai air umpan maka air baku dari sumber air harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu, karena harus memenuhi persyaratan tertentu dapat dilihat pada Table 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Air Umpan *Boiler*

Parameter	Satuan	Ukuran
PH		10,5-11,5
Conductivity	Ymhos/cm	5000, max
TDS	Ppm	3500, max
Alkalinity	Ppm	800 , max
Silica	Ppm	150, max
Besi	Ppm	2, max
Residu Fosfat	Ppm	20 – 50
Residu Sulfur	Ppm	20 – 50
PH Kondensat	Unit	8,0 – 9,0

PT. Nalco Indonesia

2.9 Udara

Udara pada boiler pipa api digunakan untuk proses pembakaran. Udara proses dipasok dari kompressor yang mengambil udara dari atmosfer dan kemudian disaring dengan filter udara untuk menghilangkan debu atau kotoran lainnya. Dalam keadaan udara kering komposisi unsur-unsur gas yang terdapat pada atmosfer terdiri atas unsur nitrogen (N₂) 78%, oksigen (O₂) 21%, carbon dioksida (CO₂) 0,3%, argon (Ar) 1%, dan sisanya unsur gas lain. Sifat-sifat dari udara dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat-sifat Udara

Sifat	Nilai
-------	-------

Densitas pada 0° C	1292,8 kg/m ³
Temperatur kritis	-140,7 °C
Tekanan kritis	37,2 atm
Densitas kritis	350 kg/m ³
Panas jenis pada 1000°C, 281,65°K dan 0,89876 bar	0,28 kal/gr °C
Faktor kompresibilitas	1000
Berat molekul	28,964
Viskositas	1,76 E-5 poise
Koefisien perpindahan panas	1,76 E-5 W/m.K
Entalpi pada 1200°C	1278 kJ/kg

(Perry's, 1996)

2.10 Bahan Bakar

Bahan Bakar yang digunakan pada uji kinerja *Cross Section Double drum water tube boiler* adalah solar. Solar merupakan bahan bakar minyak nabati hasil destilasi dari minyak bumi mentah. Bahan bakar ini berwarna kuning coklat yang jernih. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1000 rpm), yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa juga disebut Gas Oil, Automotive Diesel Oil, High Speed Diesel (*Surat Keputusan Dirjen Migas 3675 K/24/DJM/2006*) . Bahan bakar solar mempunyai sifat-sifat utama, yaitu:

- a. Warna sedikit kekuningan dan berbau
- b. Encer dan tidak mudah menguap pada suhu normal
- c. Mempunyai titik nyala yang tinggi (40 °C sampai 100°C)
- d. Terbakar secara spontan pada suhu 350°C
- e. Mempunyai berat jenis sekitar 0,82 – 0,86
- f. Mampu menimbulkan panas yang besar (10.500 kcal/kg)
- g. Mempunyai kandungan sulfur yang lebih besar daripada bensin.

Adapun spesifikasi bahan bakar solar dapat dilihat pada table 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Spesifikasi Minyak Solar

No	Karakteristik	Satuan	Batasan SNI Minyak Solar 48		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-lain
1	Bilangan Setanan Angka Setanan atau Indeks Setanan		48		D613	
			45		D4737	
2	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	Kg/m ³	815	870	D4052/D1 298	
3	Viskositas (pada suhu 40°C)	mm ³ /s	2,0	4,5	D445	
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35 ¹⁾ 0,30 ²⁾ 0,25 ³⁾ 0,05 ⁴⁾ 0,005 ⁵⁾	D4294/D5 453	
5	Distilasi : 90% vol. Pengupan	°C	-	370	D86	
6	Titik Nyala	°C	52	-	D93	
7	Titik Kabut	°C	-	18	D2500	
Atau						
8	Titik Tuang	°C		18	D97	
9	Residu Karbon	% m/m	-	0,1 ⁶⁾	D189	
10	Kandungan Air	mm/kg	-	500	D6304	
11	Kandungan FAME	% v/v	-	020 ⁷⁾	D7806/D7 371	
12	Korosi Bilah Tembaga		-	Kelas 1	D130	
13	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	
14	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	
15	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/ g	-	0	D664	
16	Bilangan Asam Total	mg KOH/ g	-	0,6	D664	
17	Penampilan Visual		Jernih dan terang	-	-	
18	Warna	No. ASTM	-	3,0	D1500	
19	Lubricity (HFRR wear scar dia. @60°C)	micron	-	460 ⁸⁾	D6079	
20	Kestabilan Oksidasi Metode Rancimat	Jam	35			EN1571

Surat Keputusan Dirjen Migas 3675 K/24/DJM/2006