

## **BAB II**

### **STUDY AWAL**

#### **II.1. Pengertian Ketel Uap Bertenaga Listrik (*Electric Boiler*)**

Ketel uap dapat didefinisikan sebagai suatu pesawat tenaga yang mengubah air menjadi uap dengan jalan pendidihan di dalam suatu ruangan yang tertutup, sehingga dihasilkan uap dengan tekanan dan temperatur tertentu, lewat proses pembakaran atau pemanasan dalam ruang bakar/pemanasan.

Dalam perkembangan sejarah tentang riset dan teknologi ketel uap (Muin,1988), sudah beribu-ribu tahun manusia bersahabat dengan uap air, yaitu semenjak manusia melakukan pekerjaan merebus (*boiling*), tetapi hanya baru dua abad ini mereka menemukan bagaimana untuk mempergunakan uap bagi kepentingan mereka.

Para insinyur Yunani dan Romawi telah mempunyai pengetahuan yang menarik tentang sifat-sifat uap dan air panas, tetapi tidak mencoba untuk memakai ilmunya tersebut. Hero dari Iskandariah dengan Whirling Aesolipyle mengembangkan prinsip turbin reaksi mesin jet, tetapi pada waktu itu direncanakan hanya sebagai permainan yang menggembirakan.

Tahun 1712 Thomas Newcomen dan John Calley, membuat mesin uap yang

terdiri dengan siklus yaitu uap yang dihasilkan boiler, dialirkan ke dalam mesin

uap lalu mengangkat piston sampai ke puncak. Bila setelah itu diinjeksikan air ke dalam mesin uap, maka tekanan uap sekonyong-konyong menjadi turun (*vakum*) maka piston tertarik kembali ke bawah. Sistem ini akan menimbulkan gerak turun naik dari piston (*reciprocating*). Tenaga mesin uap ini dapat menggerakkan pompa. Tetapi setelah pecahnya revolusi Industri mulai kira-kira tahun 1750, ini merupakan tantangan tersendiri terhadap kebutuhan tenaga penggerak (*motive power*).

Sampai saat ini, walaupun sudah banyak dikembangkan mesin-mesin penggerak mula (*primer mover*), namun ketel uap masih memegang peranan paling penting di dalam penyediaan energi di dunia industri, karena dalam pemenuhannya dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan. Ketel uap termasuk mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi-energi kimia atau energi atomis menjadi kerja (*usaha*).

Ketel yang akan dibahas disini adalah merupakan salah satu jenis dari pada ketel yang ditinjau dari sumber panas (*Heat Source*) untuk pembuatan uap dengan menggunakan elemen pemanas.

Fungsi dari ketel pada umumnya untuk mengubah air menjadi uap, dimana uap ini diperoleh dengan memberikan sejumlah kalor terhadap air yang diperoleh dari elemen pemanas dengan perkataan lain merupakan pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi listrik dari elemen pemanas menjadi energi panas (uap) yang

**digunakan sebagai pembangkit listrik melalui turbin dan dapat dimanfaatkan untuk proses pengolahan pada suatu pabrik industri).**

**Ketel bertenaga listrik pada dasarnya terdiri dari suatu bejana bertekanan dimana didalamnya terdapat rangkaian elemen-elemen pemanas yang dialiri oleh arus listrik. Ketel bertenaga listrik ini merupakan pembangkit tenaga uap yang sangat sederhana sekali, dan terbatas hanya untuk tekanan uap yang relatif rendah.**

**Uap yang dihasilkan dapat digunakan untuk mesin penggerak utama (*prime move engine*) yang berupa mesin uap, turbin uap dan untuk keperluan lainnya seperti proses pemanasan, penguapan, dan lain-lain.**

## **II.2. Prinsip Dasar Ketel Uap**

### **II.2.1. Pengertian Uap Air**

**Uap air adalah sejenis fluida yang merupakan fase gas dari air yang mengalami pemanasan sampai temperatur didih pada tekanan tertentu. Uap air tidak berwarna, bahkan tidak terlihat apabila dalam keadaan murni kering.**

**Uap adalah zat kerja yang baik sebab mempunyai sifat-sifat :**

- Dapat menyimpan sejumlah besar energi.**
- Dapat diproduksi dari air yang murah dan mudah diperoleh.**

**Dapat digunakan untuk pemanasan selain sebagai zat kerja**

Dengan demikian uap air merupakan sumber energi yaitu energi kalor yang dapat digunakan dalam berbagai keperluan.

### **II.2.2 Klasifikasi Ketel**

Ketel pada dasarnya terdiri dari drum yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak orang mengklasifikasikan ketel uap tergantung kepada sudut pandang masing-masing.

Dalam hal ini ketel diklasifikasikan dalam kelas yaitu :

1. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, maka ketel diklasifikasikan sebagai berikut :
  - a. Ketel pipa api (*Fire tube boiler*), fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala yang membawa energi panas yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas.
  - b. Ketel pipa air (*Water tube boiler*), fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransferkan dari luar pipa ke air ketel.
2. Berdasarkan pemakaiannya, ketel dapat diklasifikasikan sebagai :
  - a. Ketel Stasioner (*stationary boiler*) yaitu ketel-ketel yang didudukan



b. Ketel dengan pembakaran luar (*outternally fired steam boiler*),

kebanyakan ketel pipa air memakai system ini.

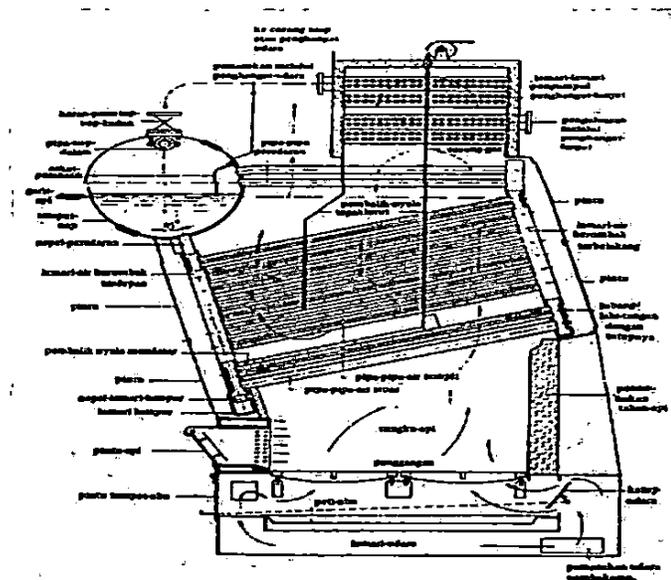
4. Menurut jumlah lorong (*boiler tube*), ketel diklasifikasikan sebagai :

a. Ketel dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*). Pada ketel ini

hanya terdapat satu lorong saja, apakah itu lorong api atau saluran air saja contoh : *Cornish boiler dan simple vertical boiler*.

b. Ketel dengan lorong ganda (*multi tube steam boiler*). Misalnya ketel B

dan W.

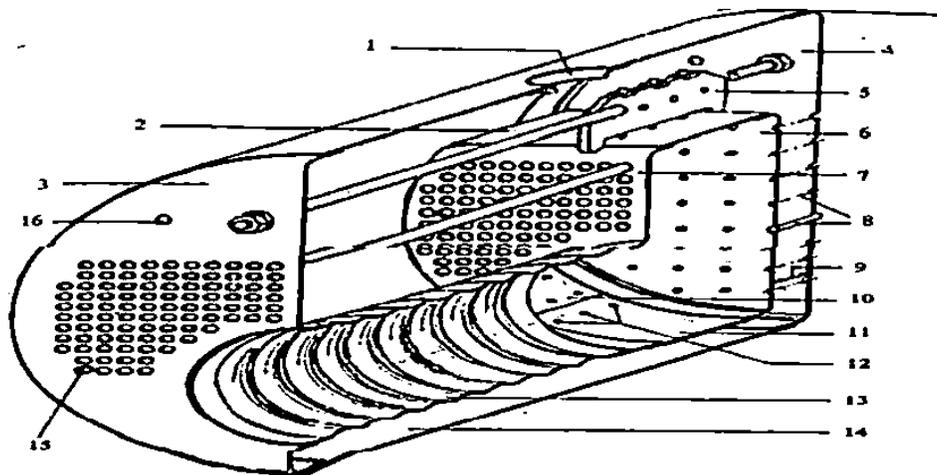


**Gambar 2.2 Ketel B dan W**

5. Tergantung kepada poros tutup drum (*shell*), ketel diklasifikasikan sebagai:

a. Ketel tegak (*vertikal steam boiler*), seperti Ketel Cochran, Clarkson.

b. Ketel mendatar (*harizontal steam boiler*), seperti ketel Cornish, Lancashire, Scotch dan lain-lain.



**KETEL SCHOTT**

- |                                  |                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. lubang lalu orang             | 10. dinding lemari nyala                        |
| 2. plat puncak lemari nyala      | 11. plat dasar lemari nyala                     |
| 3. fron muka                     | 12. baut-baut semat pada dinding sisi dan bawah |
| 4. fron belakang                 | 13. jalan api berombak                          |
| 5. tumpuan jambatan              | 14. badan ketel                                 |
| 6. dinding belakang lemari nyala | 15. pipa-pipa nyala api                         |
| 7. plat pipa lemari nyala        | 16. tumpuan memanjang                           |
| 8. baut-baut semat               |                                                 |
| 9. spasi air                     |                                                 |

**Gambar 2.3 Ketel Scotch.**

6. Menurut bentuk dan letak pipa, ketel uap diklasifikasikan sebagai :

a. Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berkeluk (*straight bent and*

b. Ketel dengan pipa miring-datar dan miring-tegak (*horizontal, inclined or vertical tube heating surface*).

7. Menurut sistem peredaran air ketel (*water sirkulation*), ketel uap diklasifikasikan sebagai :

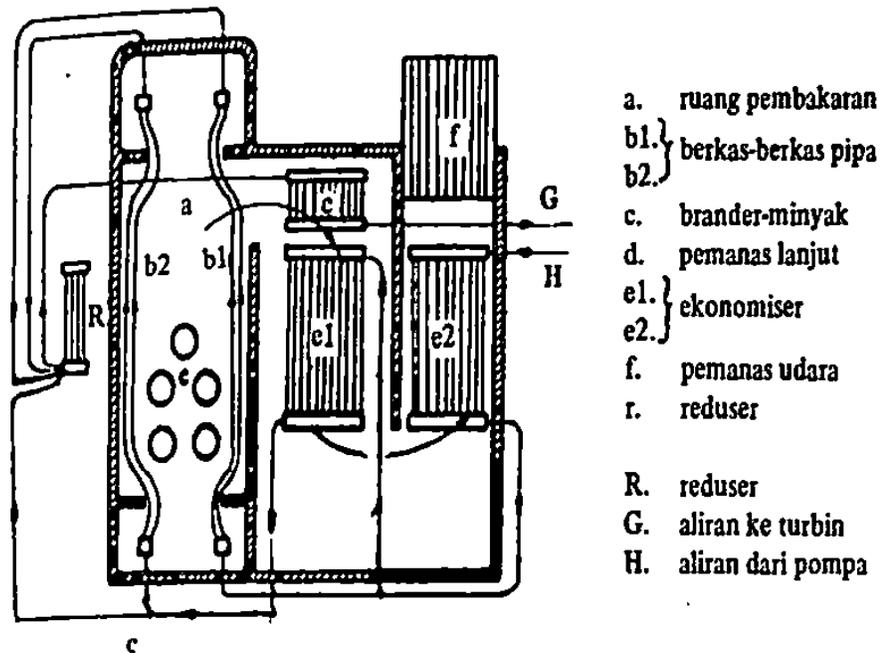
a. Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*),

peredaran air dalam ketel terjadi secara alami, yaitu air yang ringan naik sedangkan air yang berat turun, sehingga terjadi konveksi secara alami. Contoh ketel Lancashire, ketel B & W

b. Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*), aliran

paksa diperoleh dari sejumlah pompa sentrifugal yang digerakan

dengan elektrik motor. Contoh Locomotive boiler, Benson boiler, Loeffler



**Gambar 2.4 Ketel Benson**

8. Tergantung kepada sumber panasnya (*heat source*) untuk pembuatan uap, ketel uap dapat diklasifikasikan sebagai :

a. Ketel dengan bahan bakar alami

Contoh dari bahan bakar alami adalah bahan bakar kayu (*wood*), sekam padi (*rice husk*), serutan kayu (*sawdust*), batubara coklat (*lignite*), batubara bituminous (seperti aspal), batubara jenis antrasit (*antrasite coal*).

b. Ketel dengan bahan bakar buatan.

Contoh dari bahan bakar buatan adalah bahan bakar arang kayu (*wood charcoal*), bakas (*coke*), briket (*brquette*), gas (misal serabut kelapa

**c. Ketel dengan dapur listrik**

Ketel dengan dapur listrik yaitu ketel dengan menggunakan energi listrik dimana terdapat elemen pemanas sebagai pemanas air ketel.

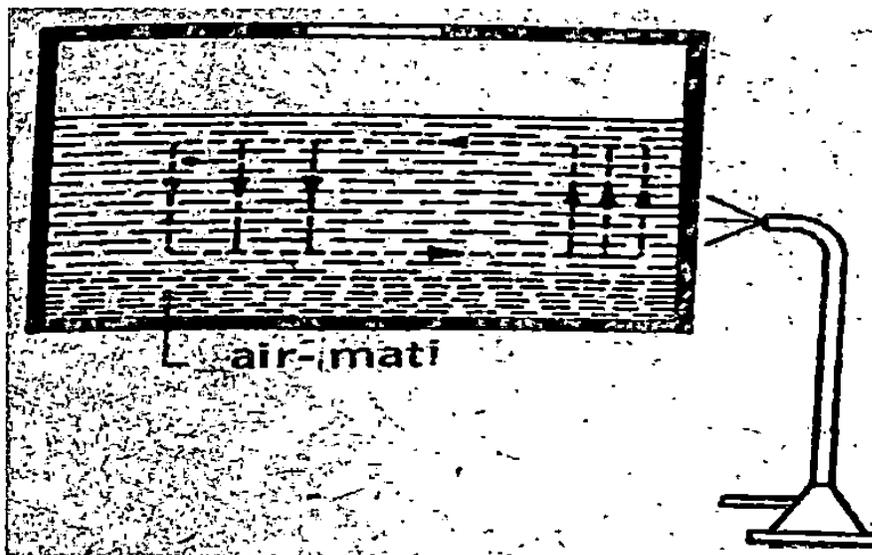
**d. Ketel dengan energi panas.**

Energi panas yang diperoleh dapat berupa energi panas matahari ataupun energi panas bumi.

### **II.2.3 Pembentukan Uap**

Supaya konstruksi dari ketel uap dapat dipahami betul-betul, haruslah diketahui sifat-sifat dari uap dan peristiwa pembentukan pada uap, dalam bentuknya yang sederhana, dapat dimisalkan ketel uap sebagai tong logam yang sebagian berisi dengan air. Air merupakan fluida yang sukar untuk merambat panas, sehingga dengan demikian perpindahan panas didalam air yang ada didalan ketel uap hampir berlangsung secara konveksi. Bila didalam sebuah tempat terdapat air dingin didalamnya, yang kemudian dipanasi pada bagian bawahnya maka air akan menjadi panas. Air menjadi panas karena berat jenisnya menjadi berkurang, maka akan naik keatas. Pada bagian bawah akan digantikan oleh air dingin dibagian atas, yang berat jenisnya lebih besar dibandingkan dengan air panas tersebut. Air yang tidak turut beredar dalam ketel uap dinamai air yang tidak bersirkulasi, jadi temperatur air ini tidak sempat air yang beredar naik. Ini dapat membahayakan bagi ketel karena

air didalam ketel tidak akan merata panasnya. Pemuaian ketel tidak sama dan karena ini mungkin terjadi tekanan-tekanan yang besar dalam pelat-pelat ketel ataupun pada sambungan-sambungannya.



**Gambar 2.5 Air yang tidak bersirkulasi**

Gambar 2.5 memperlihatkan bagaimana pengaruh letak pemanas pada peredaran air. Ketika seluruh temperatur air  $100^{\circ}\text{C}$ , gelembung-gelembung uap yang dibentuk dalam seluruh zat cair, sampai pada permukaan dan lepas dari zat cair, karena tong ini terbuka, uap yang terbentuk lepas keluar melalui bagian yang terbuka. Dikatakan sekarang air mendidih. Jadi mendidih adalah suatu peristiwa dimana pembentukan uap terjadi didalam seluruh massa zat-cair.

Titik didih dari suatu zat cair tergantung kepada tekanan yang dilakukan pada permukaan zat cair. Pada tong yang terbuka, tekanan udara luar yang dilakukan pada permukaan air besarnya 1 atmosfer ( $1.0332 \text{ kg/cm}^2$ ) pada

tekanan ini air mendidih pada 100 °C, kalau tekanan lebih besar dari 1 atm umpamanya 5 kg / cm<sup>2</sup>, air akan mendidih pada temperatur 151,1 °C. Bila tekanan rendah dari 1 atm , umpamanya 0,12575 kg / cm<sup>2</sup> air mendidih pada temperatur 50°C.

### II.2.3.1 Jenis-jenis Uap

Uap yang terbentuk ada tiga jenis yaitu :

- a. Uap basah
- b. Uap kering
- c. Uap adi panas

#### *Uap basah dan kering*

Uap basah adalah uap yang mengandung air. Bila 1 kg uap basah terdiri dari :

- $m_u$  kg/kg uap kering
- $m_w$  kg/kg air, maka dinyatakan bahwa kadar uap tersebut :

$$X = \frac{m_s}{m_s + m_w}, \quad \text{untuk uap saturasi basah : } X < 1, \text{ sedangkan uap untuk}$$

saturasi kering  $X = 1$ , enthalpi uap saturasi :

$$h_{sat} = h_w + XL \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg})$$

Dimana :  $h_{sat}$  = enthalpi uap saturasi (kJ/kg)

$h_a$  = enthalpi air permulaan (kJ/kg)

$L$  = panas laten (kJ/kg)

$$h_{sat} = h_a + L \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg})$$

**Enthalpy uap adi panas**

$$h_{sup} = h_{sat} + Cp (t_{sup} - t_{sat}) \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg})$$

Dimana :  $h_{sup}$  = enthalpi uap super heater (kJ/kg)

$Cp$  = panas jenis uap rata-rata (kJ/kg °C)

$t_{sup}$  = temperatur uap superheater (°C)

$t_{sat}$  = temperatur uap saturasi (°C)

**Kenaikan entropi selama penguapan**

Bila air menguap dengan sempurna, maka dia menyerap seluruh panas laten  $L$  pada temperatur  $T$  (K) yang konstan. Maka kenaikan entropi selama peristiwa penguapan :

$$sl = \frac{L}{T} \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg } ^\circ\text{C})$$

$sl$  = entropi selama penguapan (kJ/kg °C)

bila sebuah basah dengan kadar  $X$  maka :  $sl = \frac{XL}{T} \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg } ^\circ\text{C})$

jadi dengan demikian maka kenaikan entropi uap basah

$$S_{basah} = s + \frac{XL}{T_{sat}} \quad \text{atau} \quad S_{basah} = \ln \frac{T_{sat}}{273} + \frac{XL}{T_{sat}} \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg } ^\circ\text{C})$$

Kenaikan entropi uap kering :

$$s_{k} = s + \frac{L}{T_{sat}} \quad \text{atau} \quad s_{k} = \ln \frac{T_{sat}}{273} + \frac{L}{T_{sat}} \quad \dots\dots\dots(\text{kJ/kg } ^\circ\text{C})$$

## II.2.4 Susunan umum dari Ketel Uap

Ketel uap adalah pesawat untuk mengubah air yang mengisi sebagian dari ketel, menjadi uap dengan jalan pemanasan. Kekuatan ketel uap bergantung kepada material dari ketel. Ketel yang kuat terhadap tekanan dari dalam adalah ketel bulat cembung, karena ketel ini tidak dapat diubah oleh tekanan dari dalam. Akan tetapi konstruksinya amat sulit dikerjakan. Jadi ketel bulat cembung tidak dipakai untuk ketel-ketel uap, walaupun bagian-bagian ketel setengah bulat cembung ada juga dipakai sesekali. Dinding-dinding yang datar tidak begitu kuat menahan tekanan yang besar, karena itu jarang digunakan.

Bahan untuk ketel haruslah mempunyai kualitas yang bagus, karena bekerja dalam temperatur yang sangat tinggi, ketel ini harus dapat menahan tenaga-tenaga yang besar. Berhubung dengan ini dipakai orang sebagai bahan untuk ketel uap adalah baja *Siemens-martin* yang liat, amat kuat dan mudah dikerjakan.

Permukaan yang dipanaskan adalah jumlah luas seluruhnya dari bagian-bagian yang dipanaskan oleh nyala api dan gas-gas asap dan pada sisi sebaliknya bersinggungan dengan air-ketel. Pada permukaan yang dipanaskan yang besar, gas-gas pembakaran yang panas lebih banyak mendapat kesempatan menyempit ke dinding-dinding ketel yang menampung panas

Kehematan dari sebuah ketel uap, berhubung dengan pemakaian bahan pembakaran, biasanya dinyatakan dengan kelipatan penguapan. Dengan kelipatan penguapan dari sebuah ketel uap dimaksud jumlah banyak kg uap dari tekanan yang dimestikan, yang dapat terbentuk dari persediaan, dengan 1 kg bahan bakar.

### II.2.5 Efisiensi Ketel

Efisiensi ketel adalah perbandingan antara konsumsi panas dengan suplai panas.

Jadi efisiensi dapat dihitung dengan :

$$\eta_k = \frac{mu(h_{sat} - h_a)}{mf \times LHV} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :  $\eta_k$  = Efisiensi ketel

$mu$  = massa uap (kg)

$mf$  = massa bahan bakar (kg)

$h_{sat}$  = enthalpi uap saturasi (kJ/kg)

$h_a$  = enthalpi air permulaan (kJ/kg)

tetapi dalam ketel listrik efisiensi ketelnya menjadi :

$$\dots\dots\dots ma \times cp \times \Delta T + L(mu)$$

Dimana :  $m_a$  = massa air (gram)

$C_p$  = panas jenis untuk air 4,186 J/g °C

$L$  = panas laten (2260 J/gram)

## II.2.6 Hubungan energi dengan daya listrik

Disini terjadi perubahan energi yaitu energi listrik menjadi energi kalor, maka besarnya energi listrik dapat dicari dengan rumus :

$$W = VIt \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :  $W$  = Energi listrik (J)

$V$  = Beda potensial (Volt)

$I$  = Kuat arus (Ampere)

$t$  = Waktu (sekon)

Sedangkan untuk daya listrik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = VI \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :  $P$  = daya listrik (watt)

Dari persamaan 2.3 dan 2.4 maka hubungan energi dengan daya listrik adalah:

$$W = P \times t \dots\dots(\text{Joule} = \text{watt} \times \text{sekon}) \quad \text{atau} \quad P = \frac{W}{t} \dots\dots(\text{J/s})$$

Karena alat yang kita buat adalah ketel uap listrik mini dan disini yang diteliti

adalah kuantitas energi yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada kapasitas ketel uap listrik mini ini maka

## 1. Sensor Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya persatuan luas ( $F/A$ ). Tekanan yang diukur dengan menggunakan ruang hampa sebagai referensi, yang biasa disebut dengan tekanan absolut. Semua tekanan diukur dalam dua sisi yaitu satu sisi untuk pengukuran dan satu sisi yang lain untuk referensi.

Tekanan dibawah kolom fluida tergantung pada ketinggian kolom dan kerapatan fluida yaitu :

$$p = f g h$$

Dengan :

$g$  = konstanta untuk mengubah massa atau berat,  $980,665 \text{ cm/dtk}^2$

$h$  = tinggi kolom

## 2. Sensor LDR



**Gambar 2.6 Sensor Cahaya LDR**

Resistor peka cahaya (Light Dependent Resistor/LDR) memanfaatkan bahan semikonduktor yang karakteristik listriknya berubah-ubah sesuai dengan cahaya yang diterima. Bahan yang digunakan adalah Kadmium Sulfida (CdS) dan Kadmium Selenida (CdSe). Bahan-bahan ini paling sensitif terhadap cahaya dalam spektrum tampak, dengan puncaknya sekitar  $0.6 \mu\text{m}$

untuk CdS dan  $0,75 \mu\text{m}$  untuk CdSe. Sebuah LDR CdS yang tipikal memiliki resistansi sekitar  $1 \text{ M}\Omega$  dalam kondisi gelap gulita dan kurang dari  $1 \text{ K}\Omega$  ketika ditempatkan dibawah sumber cahaya terang (Mike Tooley, 2003).

LDR adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju Recovery dan Respon Spektral:

#### 1. Laju Recovery

Bila sebuah LDR dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu kedalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju recovery merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam  $\text{K /detik}$ , untuk LDR type arus harganya lebih besar dari  $200 \text{ K /detik}$  (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya  $100 \text{ lux}$ ), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari  $10 \text{ ms}$  untuk mencapai resistansi

yang sesuai dengan level cahaya  $100 \text{ lux}$

## 2. Respon Spektral

LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik (TEDC, 1998).

Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi level air. Cara kerja sensor ini adalah dengan mendekatkan atau menempelkan LDR dengan lampu pada pipa transparan dan kondisi lampu menyala kemudian LDR akan mulai mendeteksi level air dimana ketika air melewati cahaya maka semakin banyak cahaya yang masuk ke LDR sehingga tegangan keluaran bertambah dari rangkaian sensor tersebut.

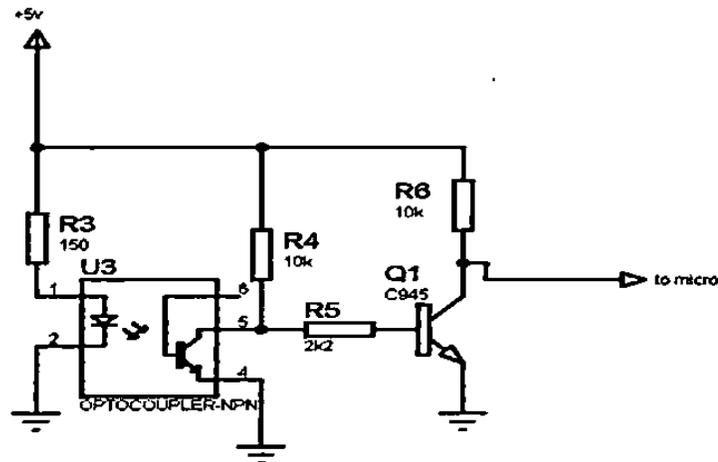
## 3. Sensor Optocoupler

Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau meraba sesuatu yang berbentuk stimulus (mekanis, magnetis, panas, sinar, atau kimiawi) dan mengubah stimulus tersebut menjadi tegangan dan arus listrik.

Dalam instrument ini sensor yang digunakan adalah sensor Optocoupler. Sensor Optocoupler adalah saklar fotoelektrik yang terdiri dari sebuah LED yang memancarkan cahaya infrared dan

Optocoupler terdiri dari 2 bagian, yaitu *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima). *Transmitter* merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian input atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED infra merah (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada *receiver*. Sedangkan *receiver* merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh *transmitter*. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa fotodiode ataupun fototransistor.

Sensor optocoupler biasa digunakan untuk mengisolasi common rangkaian input dengan common rangkaian output. Sehingga *supply* tegangan untuk masing-masing rangkaian tidak saling terbebani dan juga untuk mencegah kerusakan pada rangkaian control (rangkaiannya input). Selain itu juga bisa digunakan sebagai pendeteksi adanya penghalang antara *transmitter* dan *receiver* dengan memberi ruang uji dibagian tengah antara led dengan fototransistor.



**Gambar 2.7 Rangkaian Optocoupler**



**Gambar 2.8 Sensor Optocoupler**

Sensor Optocoupler bekerja menghitung putaran kincir yang dikeluarkan oleh uap, dengan cara memberi apabila putarannya dibawah 300 rpm maka buzzer akan berbunyi, dimana fungsinya untuk memberi tanda putarannya akan menurun. Keluaran dari sensor ini adalah logika *low*(0) atau logika *high*(1) yang kemudian digunakan untuk interapt ke mikrokontroler.

Untuk mencari nilai R digunakan rumus :

$$R = \frac{V_{cc} - V_{led}}{I_{led}}$$

Sedangkan untuk mengetahui nilai arus  $I_c$ , lakukan pengukuran terlebih dahulu terhadap tahanan pada led atau  $R(led)$ . Selanjutnya  $I_c$  dapat dicari dengan rumus seperti di bawah ini:

$$I_c = \frac{V(led)}{R(led)} \dots\dots\dots(2.6)$$

sedangkan untuk  $I_{B(sat)} = \frac{I_c}{h_{fe}}$ , Arus basis  $I_B$  pada transistor Q1 adalah :

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_6} \dots\dots\dots(2.7)$$

#### 4. Mikrocontroller ATMega8535

Mikrokontroler adalah suatu *device* semi konduktor yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan. Piranti ini merupakan hasil perkembangan dari teknologi IC yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin kompleks sehingga menuntut spesifikasi yang berbeda pada setiap kasusnya. Penggunaan piranti yang dapat diprogram memiliki banyak keuntungan, terutama dalam hal penekanan biaya, penghematan ruang dan fleksibilitas yang tinggi. Melalui manipulasi pada *software*, *programmable device* dapat meminimumkan penggunaan piranti fisik dan mengoptimalkan untuk

Pada mikrokontroler ini, sudah terdapat kebutuhan minimal agar mikroprosesor dapat bekerja, yakni memiliki mikroprosesor (CPU), ROM, RAM, I/O, dan *clock* seperti layaknya sebuah PC. Tetapi karena fisiknya yang hanya sebuah *chip* maka tentu saja kemampuan dan spesifikasinya lebih rendah dibandingkan PC. Disamping adanya keterbatasan tadi, mikrokontroler memiliki kelebihan yaitu kemasannya yang kecil dan kompak menjadikan mikrokontroler sangat praktis dan fleksibel untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang relatif tidak terlalu rumit atau tidak membutuhkan sistem komputasi yang tinggi.

Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ATmega8535 yang menyediakan port untuk komunikasi serial. Dengan port ini, membuat mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan mudah dengan perangkat atau modul-modul eksternal lainnya. Penguasaan pemrograman komunikasi serial mutlak disamping komunikasi *Two wire interface* (TWI), karena banyak aplikasi mikrokontroler yang terhubung ke PC melalui port serial.

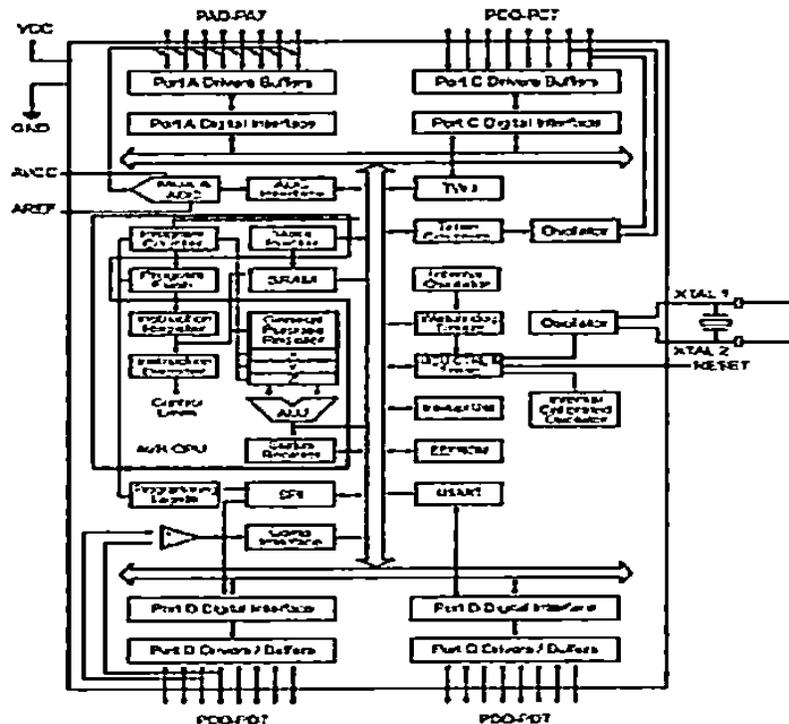
Mikrokontroler ATmega8535 adalah termasuk keluarga mikrokontroler AVR. Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus

instruksi clock. Dan ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 (Berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 clock. RISC adalah *Reduced Instruction Set Computing* sedangkan CISC adalah *Complex Instruction Set Computing*.

a. Arsitektur ATmega8535

- 1) Saluran IO sebanyak 32 buah yaitu Port A, Port B, Port C dan

12) Port USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*)



**Gambar 2.9 Blok Diagram ATmega8535**

**Fitur ATmega8535**

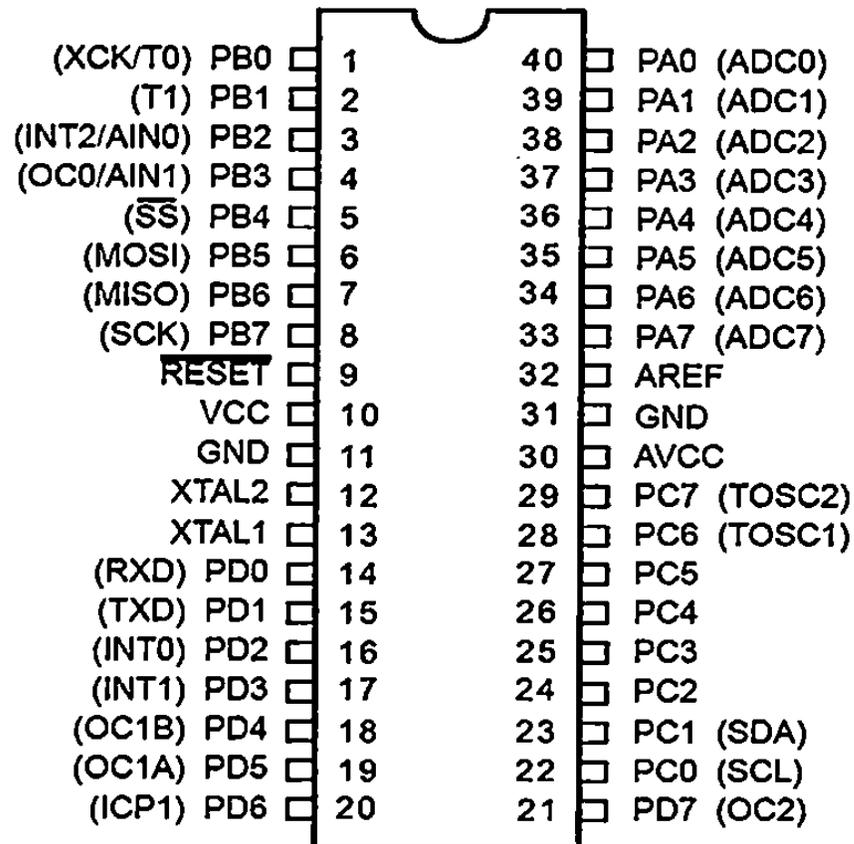
- 1) Sistem processor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- 2) Ukuran memory *flash* 8KB, *SRAM* sebesar 512 byte, *EEPROM* sebesar 512 byte.
- 3) ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 channel
- 4) Port komunikasi serial USART dengan kecepatan

5) Mode Sleep untuk penghematan penggunaan daya listrik

b. Konfigurasi Pin ATmega8535

- 1) VCC merupakan Pin yang berfungsi sebagai pin masukan catudaya
- 2) GND merupakan Pin *Ground*
- 3) Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC
- 4) Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu Timer/Counter, komparator Analog dan SPI
- 5) Port C (PC0...PC7) merupakan port I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan Timer Oscillator
- 6) Port D (PD0...PD7) merupakan port I/O dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog dan interrupt eksternal serta komunikasi serial
- 7) RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- 8) XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal
- 9) AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC

10) AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC



**Gambar 2.10** Keterangan pin ATmega8535

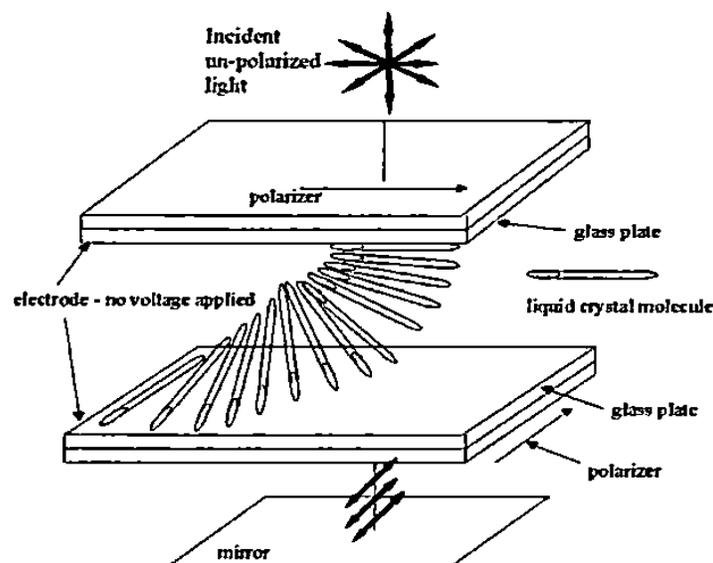
## 5. LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah instrument untuk menampilkan hasil dari suatu sistem. Fungsi LCD sebagai media penampil dan interface dengan pengguna. LCD sebenarnya hampir sama dengan 7segment tetapi LCD memiliki kelebihan diantaranya lebih informatif dan konsumsi arusnya relatif kecil, ada kelemahannya

yaitu dari sisi harga relatif lebih mahal dari pada 7seg. Tetapi itu

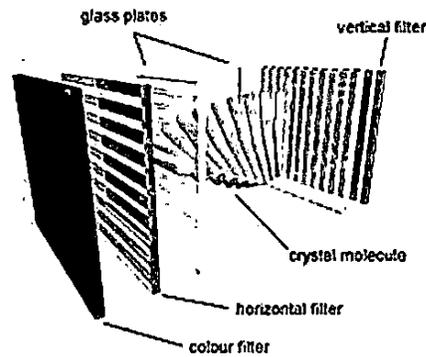
semua tergantung kebutuhan pada aplikasi, apakah lebih tepat menggunakan LCD ataukah 7seg. LCD paling sering dipakai dalam aplikasi mikrokontroler ini adalah LCD 16x2 karakter dengan berbagai macam warna *backlight*.

LCD dibuat dari Kristal cair untuk merespon medan magnet. Kristal tersebut terdiri atas molekul seperti batang yang apabila terkena medan listrik akan menyusun diri agar melewatkan atau menahan cahaya yang mengenainya. Oleh karena itu diperlukan cahaya lain agar tampilan LCD dapat terlihat.



Gambar 2.11 Molekul Batang Dalam LCD

Komponen dasar penyusun LCD adalah berbagai macam lapisan “Glass” seperti gambar berikut :



**Gambar 2.12 Penyusun LCD**

Lapisan film yang berisi Kristal cair yang diletakan diantara dua lempengan kaca yang telah diwarnai elektroda logam transparan. Saat tegangan dicantumkan pada elektroda, molekul-molekul Kristal cair akan menyusun diri agar cahaya yang mengenai akan dipantulkan atau diserap. Dari hasil pemantulan atau penyerapan tersebut akan dihasilkan sebuah bentuk sesuai dengan bagian yang diaktifkan.

Berbagai macam tipe LCD sudah dikembangkan teknologinya antara lain LCD biasa, Passif Matrik LCD (PMLCD), Thin Film Transistor Aktif Matrik LCD (TFT-AMLCD). Kemampuannya juga sudah dikembangkan dari yang monokrom sampai yang mampu menampilkan ribuan warna.

## 6. Catu Daya

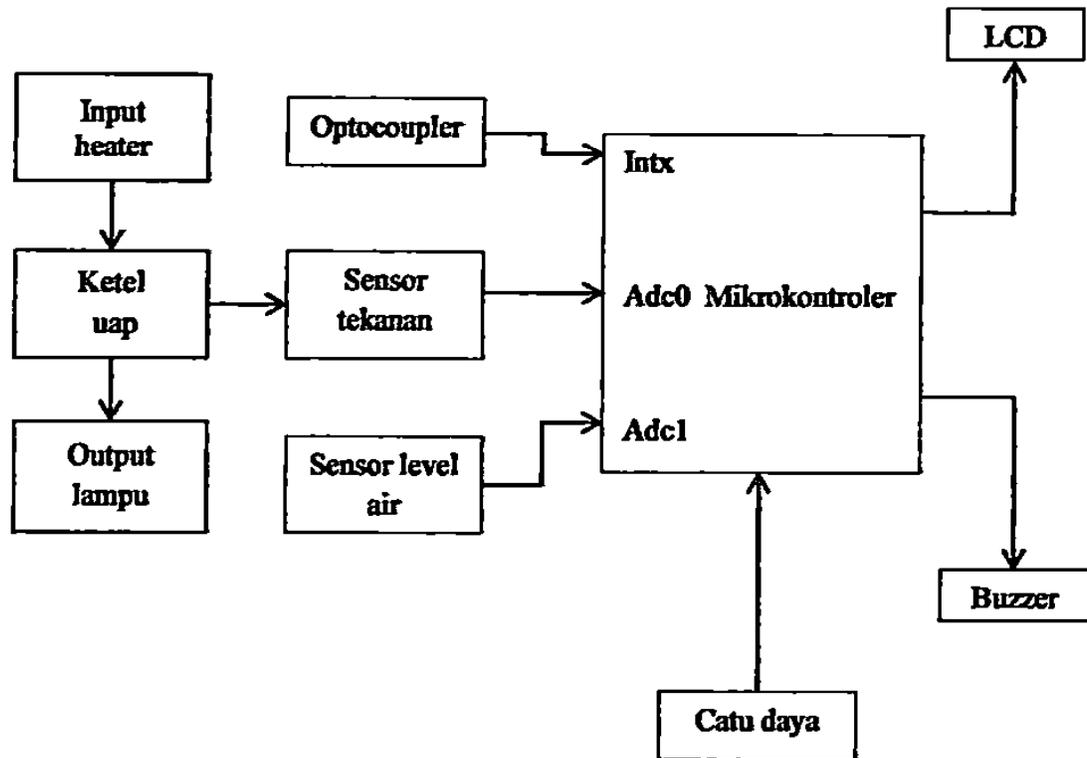
Rangkaian catu daya merupakan bagian yang sangat penting pada rangkaian karena tanpa catu daya alat ini tidak dapat bekerja, catu daya digunakan sebagai penyedia sumber tegangan untuk keseluruhan system. Dalam penelitian ini catu daya diperoleh dari sumber jala-jala PLN, dimana untuk merancang catu daya yang bersumber dari jala-jala PLN dibutuhkan dua buah blok rangkaian yaitu blok penyearah dan blok regulator. Rangkaian penyearah berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi searah, sedangkan rangkaian regulator berfungsi untuk mempertahankan suatu level tegangan yang konstan yang sangat diperlukan dalam rangkaian system yang dibuat.

## 7. Spesifikasi Garis Besar dari Produk yang Direncanakan

Pembuatan ketel uap mini ini memiliki spesifikasi secara garis besar adalah sebagai berikut:

Perangkat keras pada instrument ini meliputi rangkaian beberapa sensor berupa LDR, MPX5700, dan optocoupler yang dipasang pada ketel uap mini, buzzer. Kemudian microcontroller berfungsi sebagai pengolah input dari sensor-sensor tadi yang nantinya akan ditampilkan melalui perangkat LCD

Hubungan antar komponen dan sistem digambarkan dalam sebuah blok diagram berikut :



**Gambar 3.13 Blok Diagram Sistem Ketel Uap Listrik Mini**