

## BAB II

### TINJAUAN LITERATUR

#### 1.1. Sistem Pengereman

Abar atau rem kereta api adalah jenis rem yang dipasang pada bakal pelanting kereta api untuk melambatkan, menghentikan, mengontrol percepatan dan perlambatan (saat menyusuri gunung), atau menjaga agar sarana tidak jalan sendiri saat diparkir. Meski prinsipnya sama dengan rem pada kendaraan beroda karet, pengoperasiannya sangat kompleks karena memerlukan koordinasi antarsarana dan efektif pada sarana tanpa penggerak. Abar jepit banyak digunakan secara historis dalam kereta api.<sup>[1]</sup>

Sistem Pengereman pada kereta api adalah ketika gaya pengereman diterapkan untuk menghentikan gerbong, gaya harus ditransmisikan ke sesuatu selain gerbong, misalnya, ke rel. Gaya pengereman dapat ditransmisikan baik melalui adhesi, yang memanfaatkan gesekan pada titik di mana roda menyentuh rel, atau melalui cara-cara yang tidak melibatkan adhesi.<sup>[1]</sup>

Kebanyakan rolling stock saat ini menggunakan metode pengereman adhesi. Metode non-adhesi tidak menggunakan gesekan pada titik di mana roda menyentuh rel dan termasuk panel pemasangan pada gerbong untuk meningkatkan hambatan udara, atau aplikasi langsung tekanan dari gerbong ke rel, menggunakan sepatu. Teknik terakhir ini melibatkan perangkat yang disebut rem rel. Sebagian besar sistem pengereman rolling stock menggunakan rem listrik, atau rem mekanis.<sup>[1]</sup>

Perangkat pengereman dasar yang digunakan oleh sistem pengereman mekanis adalah: rem roda-tapak, rem cakram yang dipasang di gandar, dan rem cakram yang dipasang di roda. Semua mekanisme ini menggunakan objek (sepatu atau lapisan rem) yang menerapkan gesekan pada disk. Tekanan yang diberikan disesuaikan untuk mengontrol gaya pengereman. Pada rem tapak roda, sepatu rem menerapkan gesekan pada tapak roda, menciptakan efek

geser. Kereta kecepatan tinggi tidak dapat menggunakan rem jenis ini, karena hal itu akan merusak tapak roda. Sebagai gantinya, mereka menggunakan rem cakram poros atau roda. Rem cakram yang dipasang di poros digunakan pada *bogies trailer*, karena mereka memiliki ruang yang cukup untuk mengakomodasi sistem seperti itu. Rem cakram yang dipasang di roda digunakan pada motor bogie yang harus mengakomodasi motor traksi dan memiliki ruang yang tidak cukup untuk rem yang dipasang di gandar. Di kedua sistem, udara tekan atau oli diterapkan ke silinder rem yang memaksa lapisan rem menempel pada cakram.<sup>[1]</sup>

## 1.2 Fungsi Pengereman Pada Kereta Api

Proses identifikasi kemudian dilanjutkan dengan studi literatur (gambar roda kereta api beserta *shoe brake*-nya) guna mengkonfirmasi hipotesa awal. Berdasarkan studi literatur disimpulkan bahwa komponen merupakan blok rem metalik kereta api yang berfungsi sebagai permukaan aktif yang bergesekan dengan roda kereta api untuk memperlambat kecepatan/menghentikan kecepatan kereta api.<sup>[2]</sup>

## 1.3 Jenis-Jenis Sistem Pengereman

Dari jenis pengereman kereta api yaitu sebagai berikut :

### a. Abar Tangan (*Hand Brake*)

Sejak adanya perkeretaapian indonesia pengereman tangan ini sudah mulai digunakan khususnya pada gerbong. Pada sistem abar tangan ini digunakan tenaga manusia untuk menggerakkan dan menekan bidur abar pada roda dengan perantara batang-batang ulir maupun batang-batang pengungkit.

Cara kerja abar tangan : Bila handle tangan digerakan kearah jarum jam maka batang handle rem dengan perantaraan drad akan naik keatas, sehingga akan menarik tuas-tuas rem yang mengakibatkan rem blok menekan roda maka terjadilah pengereman. Begitu juga

dengan pelepasannya, handle rem akan turun bila digerakan berlawanan arah jarum jam, akibatnya tuas-tuas rem dengan perantara pegas akan kembali kesemula sehingga rem blok akan merenggang dari roda.

Kelemahan sistem abar tangan ialah :

- 1) Sistem ini tidak dapat bekerja secara otomatis melainkan memerlukan seseorang operator yang betul-betul stand by atau siap selalu.
- 2) Untuk memperbesar gaya tekan rem diperlukan tuas yang panjang akibatnya terjadinya kerugian gesekan pada pena atau persendiannya.

b. Abar Udara Hampa (*Vacum Brake*)

Pada sistem abar udara hampa ini seluruh rangkaian kereta api dihubungkan oleh pipa abar yang pada setiap ujung kereta disambungkan pada selang karet (pipa karet) agar fleksibel. Pipa abar ini harus senantiasa dalam keadaan hampa, yaitu dengan cara dipompa hampa dengan sebuah alat injektor atau pompa vakum yang ada dilokomotif, agar bidur abar senantiasa dalam keadaan tidak mengikat.

Cara Kerja Sistem Udara Hampa : Jika handle rem dalam keadaan off atau tidak mengikat maka udara dalam pipa rem disedot oleh pipa vakum (injektor) pada lokomotif sehingga udara pipa hampa menjadi 0 atm, begitu juga dalam silinder hampa, sehingga dengan hampanya udara pada silinder maka tuas-tuas rem akan ditekan oleh torak silinder sehingga rem blok akan merenggang dari roda. Jika handle rem dalam kedudukan on atau rem mengikat, maka udara luar akan masuk melalui pipa silinder rem, sehingga tuas-tuas rem akan ditarik oleh torak silinder maka rem blok akan menekan ke roda dan terjadilah pengereman. Terjadinya pengereman ini dikarenakan tekanan udara luar dengan udara hampa. Atas dasar prinsip kerjanya tersebut maka apabila rangkaian kereta terputus udara luar akan masuk

kedalam pipa abar, sehingga alat-alat abar bekerja secara otomatis, dimana kedua rangkaian kereta yang terputus akan berhenti dengan sendirinya

Kelemahan sistem abar udara hampa :

- 1) Jika rangkaian cukup panjang akan sulit untuk mencapai ukuran hampa yang di isyaratkan.
- 2) Jika terjadi kebocoran pada pipa abar maka akan mengurangi kehampaan pipa akan mengurangi gaya tekan.



Gambar 2.1 Sistem Udara Hampa

c. Abar Udara Tekan

Pada sistem perabaran udara tekan ini memanfaatkan udara bertekanan untuk mendorong torak didalam silinder abar. Udara yang bertekanan 5 atm ini diperoleh dari kompresor yang ada dilokomotif dan disimpan didalam tangki. Sistem udara tekan ini dibagi menjadi dua instalasi yaitu :

- 1) Sistem Udara Tekan Langsung (*stright air brake compressed*) Seluruh rangkaian kereta api dihubungkan dengan pipa abar seperti abar hampa. Tetapi disini pipa abar sedang tidak bekerja (tidak mengikat). Jadi pada saat tidak mengerem, didalam pipa abar terdapat tekanan 1 atm dari udara luar.

Cara kerja :

Jika akan melakukan pengereman maka handle kran yang menghubungkan ke udara luar tertutup, maka memasukan udara tekan dari tangki udara dilokomotif langsung kedalam pipa dan silinder untuk mendorong torak bidur abar, begitu juga pelepasannya yaitu handle kran yang menghubungkan pipa abar ditutup dan handle kran yang menghubungkan udara luar dibuka, maka torak menarik bidur sehingga rem tidak mengikat.

Kelemahan sistem abar udara tekan langsung adalah sistem ini tidak dapat bekerja secara otomatis sehingga bila rangkaian terputus ditengah perjalanan maka alat alat perabaran tidak berfungsi, karena terputusnya hubungan dengan lokomotif berarti tidak mendapat suplai udara tekan dari lokomotif untuk keperluan pengereman. Sedangkan bagian yang berhubungan dengan lokomotif juga tidak bisa direm karena pipa abar dibagian yang terputus masih terbuka.



Gambar 2.2 Sistem Udara Tekan Langsung

#### 1) Instalasi Sistem Rem Udara Tekan Otomatis.

Pada instalasi ini pipa abar selalu berhubungan dengan tangki udara yang berada di lokomotif yang selalu berisi udara tekan dengan tekanan 5 atm bila dalam kondisi tidak bekerja.

Cara kerja :

Apabila pengereman dilakukan, handle rem dibuka untuk mengeluarkan udara tekan dalam pipa abar tersebut ke udara bebas. Dengan kosongnya pipa abar ini maka udara yang

tersimpan di dalam tangki pembantu pada setiap gerbong akan masuk ke dalam silinder abar dan menekan bidur abar, maka terjadilah pengereman. Tangki pembantu ini terdapat pada setiap gerbong dan berisi udara tekan dengan tekanan 5 atm, udara ini merupakan suplai dari kompresor yang ada di lokomotif.

Kelebihan sistem rem udara tekan otomatis :

Sistem ini dapat bekerja otomatis, jadi jika rangkaian terputus di tengah perjalanan maka secara otomatis alat-alat abar akan bekerja, karena pipa-pipa abar terbuka sehingga udara tekan yang di dalam pipa akan keluar, dengan demikian kedua rangkaian yang terputus akan berhenti dengan sendirinya.<sup>[2]</sup>



Gambar 2.3 Sistem Udara Tekan Otomatis

#### 1.4 Prinsip Pengereman

Prinsip Pengereman Bahwa pengereman merupakan bagian penting dari suatu alat transportasi, pengereman digunakan untuk memperlambat suatu gerakan. Jadi A B G C H F D I J E 15 pengereman diibaratkan sebagai penghapus Energi Gerak / Energi Kinetik  $\frac{1}{2} m \cdot V^2$  yang artinya mendekati kecepatan ( V ) kepada harga nol, sehingga gerakan menjadi diam/berhenti. Disini alat transportasi yang dimaksud adalah kereta api. Jadi pengereman disini untuk menghentikan kereta api dalam jarak yang pendek dan dalam waktu yang sesingkat-singkatnya, tanpa ada hentakan dan aman.

Menurut Hukum Newton II, “ Suatu percepatan yang ditimbulkan gaya yang bekerja pada sebuah benda berbanding lurus dengan besarnya gaya itu searah dengan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa kelembaman benda itu.

”Hukum Newton ditulis dengan rumus :  $F = m \cdot a$  Keterangan  $F =$  gaya pengereman ( N )  $m =$  massa benda/kereta ( kg )  $a =$  percepatan/perlambatan (  $m/s^2$  ) Jadi memperbesar gaya pengereman berarti memperbesar perlambatan kereta, sehingga semakin besar gaya pengereman maka semakin pendek pula jarak pengereman. Pengereman dikatakan baik, bila sewaktu pengereman terjadi roda masih dalam keadaan menggelundung, dalam arti sewaktu roda ditekan kedua rem blok, roda tidak macet/terkunci. Kalau saja sewaktu pengereman roda terkunci maka roda bisa tergelincir atau roda keluar dari rel dan ini sangat membahayakan. <sup>[2]</sup>

#### Prinsip Udara Kerja

1. Udara tekan yang diisikan oleh masinis kedalam pipa-pipa kereta harus mencapai tekanan setinggi 5 kg/cm<sup>2</sup> seperti yang ditentukan oleh UIC (*Union Internationale Des Chmins de fer*) sebagai organisasi perkereta apian internasional.
2. Paling tinggi tekanan yang dibolehkan dalam tangki lokomotif 8 kg/cm<sup>2</sup> (111psi).
3. Bila udara tekan dalam pipa kereta menurun dari 5 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 4,6kg/cm<sup>2</sup>, berarti turun 0,4 kg/cm<sup>2</sup> ( 6 psi ) abar mulai mengikat.
4. Bila udara tekan dalam pipa kereta menurun hingga 3,5 kg/cm<sup>2</sup> (50psi) berarti turun 1,5 kg/cm<sup>2</sup> (20psi) gaya abar sudah mencapai tenaga maksimum 2,545 kg.
5. Untuk kelancaran pengabaran tanpa menemui kesulitan abar macet, pipa kereta diisi kembali udara tekan dengan mudah sampai tekanan kerja 5kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.5 Jarak Abar atau Jarak Pengereman

Jarak abar dalam istilah asingnya disebut *brake distance*, itu diartikan sebagai jarak penghentian yaitu *stopping distance*. Panjang jarak abar ini tergantung pada besarnya kapasitas



pengereman atau *braking capacity*, ialah besarnya berat abar yang dinyatakan dalam presentase terhadap beratnya kereta/gerbong, atau bisa juga besarnya gaya tekan seluruh rem blok yang dinyatakan dalam presentase terhadap beratnya kereta/gerbong yang disebut presentase tekanan rem blok (*brake blok ratio*).<sup>[3]</sup>

a. Kalkulasi jarak abar berdasarkan rumus *empiris Padeluck* / percobaan

Khusus untuk perabaran udara tekan kalkulasi perhitungan jarak abar ini bisa dilakukan dengan menggunakan rumus empiris yaitu yang disebut rumus *padeluck*. Rumus *Padeluck* ini mengandung unsur-unsur presentase abar ( $\lambda$ ) dan tanjakan/turunan ( $i$ ) dalam bentuk formula sebagai berikut :

$$L = \frac{\Psi \times V}{[(1,09375 \times \lambda) + (0,127 - 0,235 \times i \times \Psi)]} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

L = panjang jarak abar ( m )

V = kecepatan kereta api ( km/jam )

$\lambda$  = presentase abar ( % ) 21

i = tanjakan ( % )

$\Psi$  = angka konstanta yang tergantung pada kecepatan kereta

Rumus *empiris Padeluck* ini sama sekali tidak mengandung unsur perbandingan tekanan rem blok atau *brake block ratio*. Oleh karena itu rumus ini hanya berlaku untuk sistem udara tekan, jadi tidak berlaku untuk sistem perabaran hampa , abar tangan. Dibawah ini diperlihatkan table harga konstanta.

Tabel 2.1 Daftar Harga Konstanta

V ( km/jam )	70	80	90	100	110
--------------	----	----	----	-----	-----



$\Psi$	0,0611	0,0618	0,0648	0,0651	0,0648
V ( km/jam )	120	130	140	150	160
$\Psi$	0,0696	0,0721	0,0731	0,0742	0,0755



b. Kalkulasi jarak abar berdasarkan rumus teoritis

Rumus teoritis ini berlaku umum ( universal ) yaitu berlaku untuk semua sistem perabaran pada kendaraan rel. Pada kecepatan kereta api sebesar ' V ' ,maka besarnya energi kinetik dari

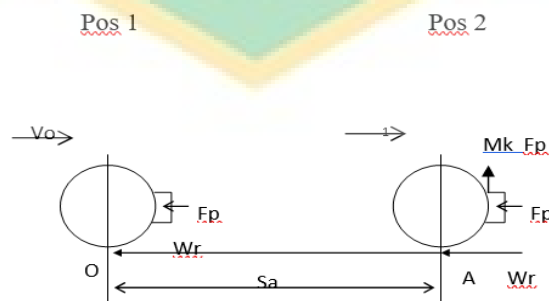
massa kereta api yang sedang bergerak adalah sebesar  $E = \frac{1}{2} M \cdot V^2$ . Maksud dari penghentian gerakan tersebut dengan cara pengereman yaitu menghapus energi kinetik, sehingga seluruh massa kereta api bisa dihentikan dalam suatu jarak tertentu. Apabila pengereman dilakukan sampai kereta api berhenti total maka besarnya energi kinetik harus dihapus sebesar :

$$E = \frac{1}{2} M (V^2 - 0^2)$$

Pada pengereman dengan menggunakan rem blok, maka besarnya gaya gesekan antara rem blok dengan roda yaitu  $F_{rem} = \mu \cdot F_p$  ditambah dengan gaya perlawanan total rata-rata dari seluruh rangkaian kereta api (  $W_r$  ) pada kecepatan V sampai  $V = 0$ . Apabila seluruh gaya penghambat rata-rata yang timbul itu disebut W total, sedang jarak abar (  $S_a$  ) maka terdapat suatu persamaan sebagai berikut :

$$W \text{ total rata-rata} \times S_a = \frac{1}{2} M ( V^2 - 0^2 )$$

Berikut gambar dari posisi pengereman dari pertama kali mengerem sampai kereta api berhenti.



Gambar 2.4 Skema Jarak Pengereman

Apabila koefisien gesekan antara rem blok dan roda ( $\mu_k$ ) dan gaya tekan rem blok pada roda ( $F_p$ ) dianggap konstan, maka besarnya perlawanan total pada posisi 1 dan 2 adalah :

Posisi 1:

$$\text{Perlawanan jalan + tanjakan} = W_r = G_p \left( 2,5 + \frac{V^2}{2000} + i \right)$$

$$\text{Perlawanan rem} = F_{\text{rem}} = \mu_k \cdot F_p$$

$$\text{Maka } W_{\text{total}} \text{ posisi 1} = \left[ G_p \left( 2,5 + \frac{V^2}{2000} + i \right) \right] + \mu_k \cdot F_p$$

Pada posisi 2

$$\text{Perlawanan jalan + tanjakan} = W_r = G_p \left( \frac{0,02}{2000} + i \right)$$

$$\text{Perlawanan rem} = F_{\text{rem}} = \mu_k \cdot F_p$$

$$\text{Maka } W_{\text{total}} \text{ posisi 2} = \left[ G_p ( 2,5 + i ) \right] + \mu_k \cdot F_p$$

Dari posisi 1 dan posisi 2 terdapat

W total rata-rata sebesar

$$W_{\text{total}} \text{ rata-rata} = \frac{W_{\text{total1}} + W_{\text{total2}}}{2}$$

Jadi dapat juga dinyatakan

$$W_{\text{total}} \text{ rata-rata} = \left[ G_p \left( 2,5 + \frac{V^2}{2000} + i \right) \right] + \mu_k \cdot F_p$$

Apabila  $W_{\text{total}} \text{ rata-rata}$  disubstitusikan kedalam persamaan diatas, maka kita akan mendapatkan persamaan :



$$\left[ G_p \left( 2,5 + \frac{V^2}{2000} + i \right) \right] + (\mu_k \cdot F_p) \times S_a = \frac{1}{2} m V^2$$

akhirnya diperoleh sebuah formula untuk jarak abar ( Sa ) yaitu :

$$S_a = \frac{\frac{1}{2} m \cdot V^2}{\left[ G_p \left( 2,5 + \frac{V^2}{4000} + i \right) \right] + (\mu_k \cdot F_p)}$$

## 1.6 Komponen Rem Kereta

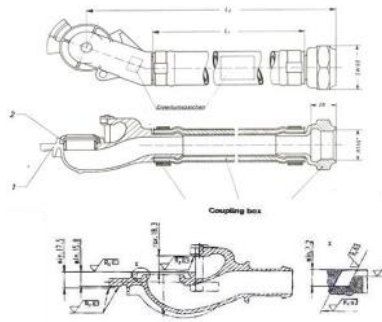
Pada sistem pengereman kereta terdapat part dalam pengereman yaitu :<sup>[3]</sup>



Gambar 2.4 komponen rem kereta

### A. Selang air *brake*

Berupa karet pipa *flexible* (selang) berfungsi untuk menghubungkan instalasi pipa rem pada kereta yang satu dengan lainnya. Ujung selang terpasang pada kran isolasi udara tekan pada ujung pipa rem, sedang ujung yang lainnya berupa logam yang dapat dipasang dengan yang sama pada selang penghubung kereta lainnya. Pada waktu tidak terpasang, ujung bebas selang penghubung digantung pada *hose coupling*.



Gambar 2.5 Selang Air Brake

B. *Isolating cock/plug kran*

Kran isolasi yang berada pada ujung pipa rem berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara tekan dalam pipa udara rem. Pada waktu kereta berada pada rangkaian paling belakang, posisi lokomotif posisi kran adalah tertutup, sedangkan jika antar kereta ke kereta, kereta ke lokomotif posisi plug kran adalah terbuka. Apabila ditutup akan *venting* melalui celah pembukaan setengah.



Gambar 2.6 *Isolating Cock*

C. *Distributor Valve*

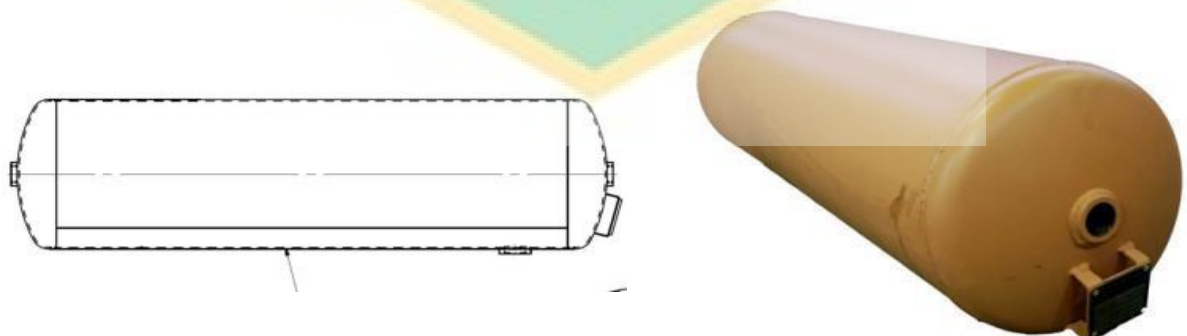
Terdiri dari katup dasar (*basic valve body*) dengan sebuah relay valve yang terpasang untuk menghasilkan *universal action* dan *bracket* untuk memasang pipa ke katup distributor. Braket dilengkapi dengan *port* untuk *brake pipe* ( L ), *cylinder pipe* ( C ) dan *auxiliary reservoir* ( R ). Juga dilengkapi *control reservoir with quick release valve*, *R charging valve with forked lever*, *G / P selector*.



Gambar 2.7 *Distributor Valve*

D. *Auxiliary Reservoir* atau Tangki Bantu

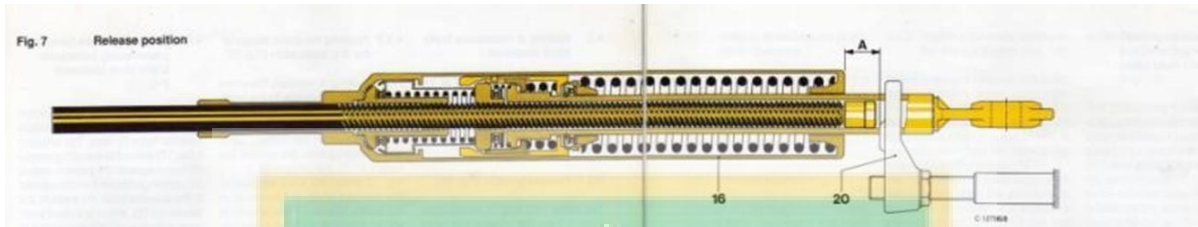
Merupakan tabung udara yang digunakan untuk menampung udara bertekanan untuk proses pengisian aplikasi rem.



Gambar 2.8 *Auxiliary Reservoir* atau Tangka Bantu

E. *Slack adjuster*

Pengatur kerenggangan yang *secara otomatis* dapat menyesuaikan kelonggaran dari rem blok terhadap permukaan roda agar tetap dapat melakukan pengereman pada berbagai kondisi keausan blok rem. Jenis yang ada adalah :



Gambar 2.9 Slack Adjuster

F. Blok Rem

Dari bahan baja tuang atau komposit berfungsi untuk menekan permukaan roda (tapak roda) pada saat pengereman terjadi. Ada beberapa jenis (menurut spektek)



Gambar 2.10 Blok Rem

G. Katup Rem Darurat (*Emergency Valve*)



Berada dalam ruang penumpang pada kereta yang berfungsi untuk mengaktifkan rem pada keadaan darurat.



Gambar 2.11 Katup Rem Darurat

#### H. Passenger *Emergency Pull Box*

Handel yang dipasang di setiap kereta yang dihubungkan dengan sebuah sling baja ke *emergency brake valve*. Jika handel dioperasikan maka *valve* akan *venting* dan memulai proses pengereman secara *emergency*. Selama *emergency* tidak direset secara manual maka status rem akan tetap mengikat



Gambar 2.12 *Passenger Emergency Pull Box*

### 1.7 Prinsip Kondensasi

Adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas (atau uap) menjadi cairan. Prinsip Kondensasi: Jika gas polutan yang panas berkontak dengan media pendingin (air atau udara), maka terjadi transfer panas dari gas panas ke medium pendingin, temperatur uap gas akan turun, maka energi kinetik molekul gas akan berkurang sehingga molekul-molekul gas akan bergerak saling berdekatan (Gaya *van der Waals*) yang akan menyebabkan gas terkondensasi menjadi liquid. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (yaitu, tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap disebut kondensat. Kondenser umumnya adalah sebuah pendingin atau penukar panas yang digunakan untuk berbagai tujuan, memiliki rancangan yang bervariasi, dan banyak ukurannya dari yang dapat digenggam sampai yang sangat besar. Kondensasi uap menjadi cairan adalah lawan dari penguapan (evaporasi) dan merupakan proses *eksothermik* (melepas panas).

Air yang terlihat di luar gelas air yang dingin di hari yang panas adalah kondensasi.

#### 1. Kondensasi air

Uap air di udara yang terkondensasi secara alami pada permukaan yang dingin dinamakan embun. Uap air hanya akan terkondensasi pada suatu permukaan ketika permukaan tersebut lebih dingin dari titik embunnya, atau uap air telah mencapai kesetimbangan di udara, seperti kelembapan jenuh. Titik embun udara adalah temperatur yang harus dicapai agar mulai terjadi kondensasi di udara. Molekul air mengambil sebagian panas dari udara.

Akibatnya, temperatur atmosfer akan sedikit turun. Di atmosfer, kondensasi uap air yang menyebabkan terjadinya awan. Molekul kecil air dalam jumlah banyak akan menjadi butiran air karena pengaruh suhu, dan dapat turun ke bumi menjadi hujan. Inilah yang disebut siklus air. Pengendapan atau sublimasi juga merupakan salah satu bentuk kondensasi. Pengendapan adalah pembentukan langsung es dari uap air, contohnya salju.

## 2. Proses Kondensasi

Kondensasi atau pengembunan adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas (atau uap) menjadi cairan. Kondensasi uap menjadi cairan adalah lawan dari penguapan (evaporasi) dan merupakan proses eksotermik (melepas panas). Titik kondensasi adalah ,Proses di mana uap air atau gas lain mengalami perubahan menjadi cairan disebut kondensasi. Suhu di mana kondensasi uap air terjadi disebut titik embun. Titik embun bervariasi tergantung pada suhu udara dan kelembaban.

## 3. Cara untuk menurunkan tekanan uap parsial

Kondisi aktual dimana molekul gas akan terkondensasi tergantung kepada sifat fisik dan kimia dari molekul gas tersebut mencapai (sama dengan) tekanan uapnya. Ada tiga cara untuk menurunkan tekanan uap parsial gas yaitu:

1. Dengan cara meningkat tekanan gas sehingga tekanan parsial gas tersebut mencapai tekanan uap gas.
2. Gas didinginkan sampai tekanan parsial gas tersebut mencapai tekanan uapnya.
3. Gabungan kedua cara di atas, yaitu dengan cara meningkatkan tekanan gas dan mendinginkannya.



#### 4. Cara Mengukur Kondensasi

##### a. Psikrometrik

Psikrometrik (*Psychrometric*) adalah bidang yang mempelajari tentang bagaimana menentukan sifat-sifat fisis dan termodinamika suatu gas yang didalamnya terdapat campuran antara gas-uap. Sebagai contoh adalah menentukan sifat-sifat dari campuran udara dan uap air. Adapun sifat-sifat tersebut antara lain: *Dry Bulb Temperature, Wet Bulb Temperature, Dew Point, Relative Humidity, Humidity Ratio, Enthalpy, Volume Spesific.*

##### b. Dry Bulb temperature (DBT)

Yaitu suhu yang ditunjukkan dengan *thermometer bulb* biasa dengan bulb dalam keadaan kering. Satuan untuk suhu ini bias dalam *celcius, Kelvin, fahrenheit*. Seperti yang diketahui bahwa *thermometer* menggunakan prinsip pemuaian zat cair dalam *thermometer*. Jika kita ingin mengukur suhu udara dengan *thermometer* biasa maka terjadi perpindahan kalor dari udara ke *bulb thermometer*. Karena mendapatkan kalor maka zat cair (misalkan: air raksa) yang ada di dalam *thermometer* mengalami pemuaian sehingga tinggi air raksa tersebut naik. Kenaikan ketinggian cairan ini yang di konversika dengan satuan suhu (*celcius, Fahrenheit, dll*).

##### c. Wet Bulb Temperature (WBT)

Yaitu suhu bola basah. Sesuai dengan namanya "*wet bulb*", suhu ini diukur dengan menggunakan *thermometer* yang bulbnya (bagian bawah *thermometer*) dilapisi dengan kain yang telah basah kemudian dialiri udara yang ingin diukur suhunya.

Perpindahan kalor terjadi dari udara ke kain basah tersebut. Kalor dari udara akan digunakan untuk menguapkan air pada kain basah tersebut, setelah itu baru digunakan untuk memuaikan cairan yang ada dalam *thermometer*.

Untuk menjelaskan apa itu *wet bulb temperature*, dapat kita gambarkan jika ada suatu kolam dengan panjang tak hingga di atasnya ditutup. Kemudian udara dialirkan melalui permukaan air. Dengan adanya perpindahan kalor dari udara ke permukaan air maka terjadilah penguapan. Udara menjadi jenuh diujung kolam air tersebut. Suhu disinilah yang dinamakan *Wet Bulb temperature*.

d. *Dew Point*

Yaitu suhu dimana udara telah mencapai saturasi (jenuh). Jika udara tersebut mengalami pelepasan kalor sedikit saja, maka uap air dalam udara akan mengembun.

e. *Humidity Ratio (w)*

Yaitu ukuran massa uap air yang ada dalam satu satuan udara kering (Satuan International: gram/kg). *Relative Humidity (RH)*, Perbandingan antara fraksi mol uap dengan fraksi mol udara basah pada suhu dan tekanan yang sama (satunya biasanya dalam persen (%)).

f. *Volume Spesifik (v)*

Yaitu besarnya *volume* udara dalam satu satuan massa. (SI: m<sup>3</sup>/kg)

g. *Enthalpy (h)*

Yaitu banyaknya kalor (energy) yang ada dalam udara setiap satu satuan massa. *Enthalpy* ini merupakan jumlah total energi yang ada dalam udara tersebut, baik dari udara maupun uap air yang terkandung didalamnya.<sup>[7]</sup>

### 1.7.1 Karta Psikrometrik (*Psychrometric Chart*)

Karta psikrometrik merupakan sebuah diagram yang didalamnya terdapat sifat-sifat dari udara. Dengan sebuah karta psikrometrik dapat diketahui sifat-sifat udara dengan mengetahui setidaknya 2 sifat udara yang lainnya. Sebagai contoh: disebuah ruangan kita ukur suhu WBT dan DBT dengan sling, dengan mengetahui dua suhu tersebut maka kita dapat menentukan sifat-sifat lainnya (*RH, volume spesifik, humidity ratio, enthalpy*). Sifat-sifat udara lainnya itu dapat ditentukan dengan cara mencari titik perpotongan garis dua besaran yang telah diketahui. Di titik tersebut dapat dilihat sifat-sifat lainnya.

## 1.8 Pengujian Manometer

Pengujian manometer dilakukan untuk mengetahui tekanan angin pada sistem pengereman kereta api yaitu sebagai berikut :<sup>[4]</sup>

### A. Pengujian Manometer Digital

Alat uji tekanan gas Manometer digital AZ-82100 adalah sebuah alat digital yang digunakan untuk menguji *tekanan* dan perbedaan tekanan atau yang biasa disebut dengan tekanan diferensial. *Alat uji* berkualitas tinggi ini bekerja mengukur tekanan diferensial (mengukur perbedaan antara dua tekanan yang berbeda).

*Digital Manometer* ini juga dapat digunakan untuk mengukur tekanan gas dan udara. Pengukur tekanan ini memiliki durabilitas yang tinggi dan dibuat dengan rentang pengukuran mulai dari 0-±100psi dengan satuan pengukuran yang bisa kita tentukan antara model imperial dan metric. Dengan alat uji ini, nilai tekanan dapat diketahui dalam pada tidak kurang dari 11 unit satuan yang berbeda. Yaitu : bar, mm hg, oz in<sup>2</sup>, kg cm<sup>2</sup>, psi, in H<sub>2</sub>O, kPa, ft H<sub>2</sub>O, in Hg, cm H<sub>2</sub>O, m bar. Dengan bantuan *Alat uji tekanan gas/manometer* digital AZ-82100 ini, Anda dapat langsung mengkorelasikan pengujian Anda dengan hampir semua parameter lain, tanpa kecuali beberapa alat uji semburan pabrik yang bekerja di milimeter *mercury* (mm Hg).

*Manometer Digital AZ-82100* ini digunakan secara luas pada audit energi untuk menguji perbedaan tekanan di dua titik yang berlawanan.

*Gas Manometer Digital AZ-82100* ini dapat menampilkan nilai maksimum dan minimum dan menyimpannya, alat ini memiliki jam yang terintegrasi dengan alat uji ini dan menunjukkan berapa lama pengukuran ini tercatat dan menampilkan pembacaan setelah dinyalakan pada layar untuk memudahkan melihat hasil pengukuran dengan fungsi data *HOLD*. Selain memiliki layar LCD dua baris, alat pengukur tekanan ini juga dilengkapi dengan 6 buah tombol navigasi, dua port tekanan, dan lampu *backlight* untuk memudahkan pembacaan data pada saat mengukur tekanan di area yang gelap atau minim penerangan.

Manometer ini dilengkapi dengan fitur auto shut off atau mode tidur (*sleep*) yang dapat dinonaktifkan kapan saja untuk memungkinkan Anda untuk monitoring tekanan selama mungkin. Alat ini juga memiliki *Display Update Rate* yang cepat yaitu 0.5 detik dan mudah digunakan. *Alat uji tekanan gas / Manometer digital AZ-82100* ini sudah disesuaikan dengan standar keamanan dan keselamatan eropa yang ditandai dengan label **CE**.



Gambar 2.13 Manometer Digital

### 1.8.1 Fitur Alat Uji Tekanan Gas / Manometer Digital AZ-82100

- a. Range pengukuran :  $0 \sim \pm 100\text{psi}$
- b. 11 satuan pengukuran : bar, oz in2, psi, kPa, inHg, mbar, mmHg, kgcm2, in H2O, ftH2O, cmH2O
- c. Pengaturan *Relative zero*, tampilan alat uji dapat di-nolkan dengan mudah dan cepat
- d. Mengukur tekanan & tekanan Differential



- e. Dapat digunakan pada *pressure drop testing*
- f. Pengukuran dengan akurasi tinggi yaitu  $\pm 0.3\%$  full scale
- g. Dilengkapi dengan 4mm *negative* dan *positive metal hose plug*
- h. *Orange color tubings* dapat menahan tekanan hingga 100psi
- i. Dilengkapi dengan satuan pengukuran *Imperial* dan *Metric*
- j. Fitur *Hold, Min, Max, Record* lengkap dengan penanda waktu *realtime*
- k. Indikator *Over-range* dengan pesan error
- l. Fungsi *Backlight* bermanfaat untuk pengukuran di tempat gelap
- m. Sudah terkalibrasi Pabrik (dapat juga dilakukan kalibrasi manual)
- n. *Auto power off* yang dapat dinonaktifkan
- o. Indikator baterai lemah
- p. Ada *DC power input jack* (DC adaptor tidak disertakan)
- q. Dengan *RS232 output port* (opsional *RS232 data logging* tidak termasuk dalam paket standar)
- r. Sudah ditest sesuai dengan *European international guidelines and standards (CE Marking)*
- s. *Ideal Applications: Industri HVAC, pneumatic controls, peralatan medis / kesehatan, gas appliance* perbaikan dan pemasangan, percobaan laboratorium, *computer peripherals*.<sup>[7]</sup>

### 1.8.2 Spesifikasi Alat Uji Tekanan Gas / Manometer Digital AZ-82100

1. Rentang pengukuran : 0~ $\pm 100$ psi
2. Tingkat akurasi :  $\pm 0.3\%$  of full scale at  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  ( $77^{\circ}\text{F}$ )
3. Kesalahan pengulangan :  $\pm 0.2\sim 0.5\%$  of Full Scale
4. Response Time: 0.5 second

5. Tekanan *Maximum* : 30psi
6. Kompensasi *Temperature Range*: 0~50°C
7. Display: 29 x 51mm, LCD
8. Penggunaan
  - a. Rentang temperatur : 0~50°C (32~122°F)
  - b. *Humidity* / kelembaban : <80%
9. Penyimpanan
  - a. Rentang temperatur : -20~50°C
  - b. *Humidity* / kelembaban : <90%
10. *Connection Hose/Tube*: 4mm (*Internal Diameter*) x 6mm (*Outer Diameter*) x 500mm (*Length*)
11. *Power Supply* : 9V battery
12. *Dimension* : 72 x 182 x 30mm
13. Berat : 220g (*including battery*)
14. *Conversion Unit* :
  - a. 1psi x 6.8947=kpa, 1psi x 68.947=mbar(hps), 1psi x 0.068966=bar
  - b. 1psi x 70.038=cmH<sub>2</sub>o, 1psi x 51.715=mmHg, 1psi x 16=ozin<sup>2</sup>
  - c. 1psi x 51.71433=torr, 1psi x 6890=pascal(pa)



### 1.8.3 Pengujian Manometer Analog

Pengertian Manometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah tekanan fluida (cair dan gas) melalui tabung berisi cairan khusus. Secara umum terdapat dua jenis Manometer yaitu Manometer Digital dan Analog.

Perlu Anda ketahui, alat ini berbeda dari barometer tetapi beberapa prinsip tetap sama. Barometer berguna mengukur tekanan di udara terbuka. Anda meletakkannya di tempat yang

lapang tanpa halangan. Hasilnya adalah level tekanan pada bawah atmosfer di bumi. Semakin tinggi posisinya dari permukaan laut maka tekanan juga menipis.

Akan tetapi, cara menggunakan manometer berbeda yaitu objeknya adalah gas atau udara di ruangan tertutup dan terisolasi. Gas tersebut akan siap memberikan tekanan ke segala arah hingga mencari celah untuk keluar. Sifat yang sama berlaku pula pada cairan atau fluida.

Alat ini sudah dalam bentuk jadi dan harga manometer terjangkau. Anda pasang di sebuah tabung atau selang yang memberikan udara berkekanan. Contohnya adalah pompa udara dimana Anda akan menekan udara dari atas lalu alat ini segera mengukur levelnya.<sup>[8]</sup>



#### 1.8.4 Rumus Manometer

Jika anda mendapatkan soal yang membutuhkan rumus untuk menghitung jumlah tekanan menggunakan Manometer, terdapat rumus dasar untuk menghitung tekanan yang dinyatakan oleh kolom cairan sebagai berikut :

$$\Delta p = P_2 - P_1 = \rho gh$$

#### Dimana :

$P_1$  = Tekanan pada sambungan bertekanan rendah

$P_2$  = Tekanan pada sambungan bertekanan tinggi

$\Delta p$  = Tekanan Diferensial

$\rho$  = Kepadatan Fluida

$g$  = Percepatan gravitasi

$h$  = Selisih tinggi kolom

**Notes :** Nilai tekanan yang dihasilkan merupakan hasil perbedaan antara gaya yang diberikan per unit luas permukaan kolom cairan. Satuan Manometer dalam pengukuran adalah pound per inci persegi (psi) atau Newton per meter persegi (Pascal).



Gambar 2.14 Manometer Analog

Fungsi manometer yang utama adalah untuk mengukur tingkat tekanan fluida melalui tabung yang telah diisi dengan cairan pengukur. Hasil pengukuran dapat kita lihat berdasarkan

ketinggian cairan yang ditunjuk oleh skala pengukuran. Berikut beberapa detail fungsi alat ukur manometer :

a. Pengukur Tekanan gas

Fungsi manometer yang utama adalah pengukur tekanan gas tertutup. Seperti yang disebutkan sebelumnya, alat ini mudah ditemukan pada pompa udara. Mesin-mesin skala kecil atau menengah juga memasang alat pengukur ini sehingga proses kerja berlangsung dengan baik,

b. Pengukur tekanan fluida

Selain gas dan udara, alat tersebut sangat penting bagi sistem fluida tertutup. Gas cari yang digunakan untuk masak dan kebutuhan api juga memakai alat pengukur tekanan.

c. Menyeimbangkan Tekanan Statis

Fungsi manometer selanjutnya adalah sebagai penyeimbang tekanan Statis. Tekanan (dorongan) udara harus lebih besar daripada hambatan aliran supaya udara didalamnya dapat bersirkulasi dengan efisien melalui saluran yang ada.

Setelah dilakukan pengukuran menggunakan Manometer, maka kita bisa menentukan akan menambah atau mengurangi jumlah tekanan fluida pada objek yang kita ukur tersebut.



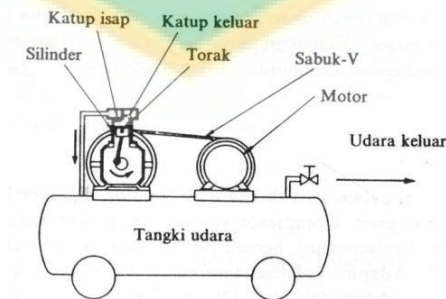
## 1.9 Alat Bantu Pengujian

### a. Kompresor

Pengertian Kompresor Kompresor adalah mesin atau alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan fluida gas atau udara. Kompresor biasanya menggunakan motor listrik, mesin diesel atau mesin bensin sebagai tenaga penggerakannya. Udara bertekanan hasil dari kompresor biasanya diaplikasikan atau digunakan pada pengecatan dengan teknik spray/ air brush, untuk mengisi angin ban, pembersihan, pneumatik, dan lain sebagainya.

### b. Prinsip Kompresor Azas kerja kompresor

“Jika suatu zat di dalam sebuah ruangan tertutup diperkecil volumenya, maka gas akan mengalami kompresi”. (Sularso Pompa dan Kompresor ;169). Prinsip kerja kompresor udara hampir sama dengan pompa ban sepeda atau mobil. Ketika torak dari pompa ditarik keatas, tekanan yang ada di bawah silinder akan mengalami penurunan di bawah tekanan atmosfer sehingga udara akan masuk melalui celah katup ( klep) kompresor. Katup (klep) kompresor di pasang di kepala torak dan dapat mengembang dan mengendur. Setelah udara masuk ke tabung silinder kemudian pompa mulai di tekan dan torak beserta katup (klep) akan turun ke bawah dan menekan udara, sehingga membuat volumenya menjadi kecil.



Gambar 2.15 Kompresor

Prinsip Kerja Kompresor (Buku Pompa dan Kompresor, Sularso) Tekanan udara menjadi naik terus sampai melebihi kapasitas tekanan di dalam ban, sehingga udara yang sudah termampat akan masuk melalui katup (pentil). Setelah di pompa terus menerus tekanan udara di dalam ban menjadi naik. Proses perubahan volume udara yang terletak pada silinder pompa menjadi lebih kecil dari kondisi awal ini di sebut proses pemampatan (pengkompresan udara) Kompresor udara di bagi menjadi dua bagian, yaitu *Dynamic Compressor* dan *Displacement Compressor*. . 1. *Dynamic Compressor* menggunakan *vane* atau *impeller* yang berputar pada kecepatan tinggi sehingga menghasilkan volume udara kompresi yang besar. *Dynamic Compressor* memiliki dua jenis, yaitu kompresor sentrifugal (*radial flow*) dan aksial.

1. Kompresor sentrifugal menggunakan sistem dengan putaran tinggi. Udara yang masuk melalui tengah tengah *inlet* kompresor di alirkan melalui *impeller* yang berputar di dalam volute casing sebelum keluar menuju *outlet* kompresor.
2. Kompresor aksial menggunakan sistem putaran dinamis yang memiliki serangkaian kipas airfol yang berfungsi untuk menekan aliran fluida. Kompresor aksial biasanya digunakan untuk turbin gas/udara seperti mesin kapal kecepatan tinggi, mesin jet.<sup>[8]</sup>