

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

1. Termodinamika perpindahan kalor atau panas

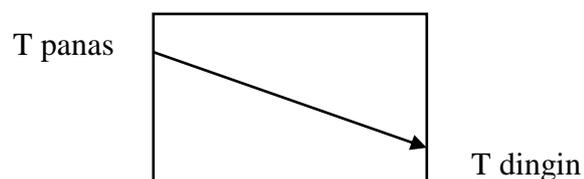
Panas atau kalor adalah salah satu bentuk energi, yaitu energi panas. Jika suatu benda melepaskan kalor pada benda lain maka kalor yang diterima benda lain sama dengan kalor yang dilepas benda itu. Pernyataan ini disebut juga sebagai *asas black*, yaitu jumlah kalor yang dilepas sama dengan kalor yang diterima.

Menurut (J.R.Stott, *marine engineering practice vol.1*, 2000: 13). Perpindahan panas ialah proses berpindahnya energi dari suatu tempat ke tempat yang lain dikarenakan adanya perbedaan suhu ditempat-tempat tersebut. Pada dasarnya terdapat tiga macam proses perpindahan energi panas. Proses tersebut adalah perpindahan energi secara konduksi, konveksi dan radiasi.

Berikut pembahasan lebih lanjut mengenai ketiga perpindahan energi panas tersebut, yaitu:

a). Perpindahan kalor secara konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum.



Gambar .1a Perpindahan panas konduksi pada dinding

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan.

Berikut persamaan dasar konduksi :

$$q_x = -kA \frac{dT}{dX}$$

Keterangan:

q = Laju perpindahan panas (kj/det,w)

k = Konduktifitas termal (W/m.⁰C)

A = Luas penampang (m²)

dT = Perbedaan temperatur (⁰C,⁰F)

dX = Perbedaan jarak (m/det)

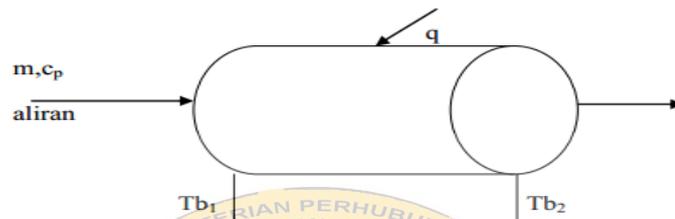
ΔT = Perubahan suhu (⁰C,⁰F)

dT/dx = gradient temperatur kearah perpindahan kalor. Konstanta positif "k" disebut konduktifitas atau kehantaran termal benda itu, sedangkan tanda minus disisipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala temperatur.

b). Perpindahan kalor secara konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural*

convection). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).



Gambar .1b perpindahan panas konveksi

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar 1.2 merupakan contoh proses perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan

$$q = hA (T_w - T_{\infty})$$

Keterangan :

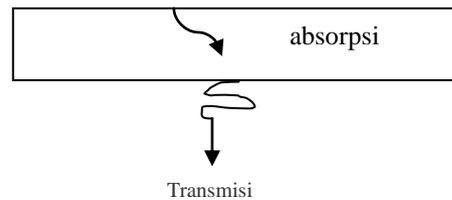
- Q = Laju Perpindahan Panas (kj/det atau W)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W / m².°C)
- A = Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas (ft². m²)
- T_w = Temperatur Dinding (°C . K)
- T = Temperatur Sekeliling (°C . K)

Pada tanda minus (-) digunakan untuk memenuhi hukum II termodinamika, sedangkan pada panas yang dipindahkan selalu mempunyai tanda positif (+).

c). Perpindahan panas radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari

benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda - benda tersebut.



Gambar .1c perpindahan panas radiasi

Energi radiasi dikeluarkan oleh benda karena temperatur, yang dipindahkan melalui ruang antara, dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan. Sedangkan besarnya energi :

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4$$

Dimana : Q_{pancaran} = laju perpindahan panas (W)

σ = konstanta botzman ($5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

A = luas permukaan benda (m^2)

T = suhu absolut benda ($^{\circ}\text{C}$)

2. Pengertian *intercooler* terhadap udara bilas

Intercooler adalah bagian dari mesin induk yang berfungsi mendinginkan dan memampatkan udara untuk pembakaran sehingga udara yang masuk ke ruang bakar bertemperatur rendah dengan kadar oksigen tinggi dan nantinya pembakaran bahan bakar diruang bakar bisa sempurna. Asal mula adanya sistem pendinginan adalah dari teori ilmiah perpindahan panas. Dengan adanya proses pendinginan terhadap *charge air*, berat udara

untuk proses pembakaran dapat dicapai secara maksimal dengan volume silinder yang tetap.

Perpindahan kalor pada *intercooler* menggunakan perpindahan secara konveksi seperti yang dijelaskan sebelumnya. Dimana perpindahan panas karena adanya gerakan, aliran atau pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Berikut penjelasan gambar putaran udara bilas standar dengan *intercooler*.



Gambar 2a. mekanisme siklus udara bilas dan *intercooler*

Keterangan gambar:

B = Kompresor sentrifugal

T = Turbin radial

C = *Intercooler* udara

Menurut (P.Van Maanen, motor diesel kapal, jilid 1: 3.5). Pada sistim ini udara pembakaran dan udara pembilasan disalurkan oleh sebuah kompresor turbo, digerakan oleh sebuah turbin gas, dimana gas buang dari motor berekspansi. Keuntungan besar dari metode ini terletak pada fakta bahwa kerja kompresi udara dihasilkan dari kerja ekspansi gas pembakaran yang akan hilang untuk sebagian besar, sedangkan motor tidak perlu memberikan kerja pompa mekanis.

3. Kerja *intercooler* yang optimal

Menurut (C.C.Pounder, *marine diesel engines*, 1972: 36-37). Sesuai yang telah disebutkan, kenaikan *output* tenaga mesin diperoleh dengan *pressure charging* adalah hasil dari kenaikan berat udara yang terjebak di dalam silinder, menyebabkan lebih besarnya berat bahan bakar yang terbakar.

Kerja *intercooler* yang optimal adalah tekanan rata-rata efektif, tekanan udara, suhu gas dan udara pada motor induk 4 tak, harga yang dicapai yaitu

Pe 5.5 - 6 bar (0.55 - 0.6 Mpa) dengan harga maksimal dari tekanan rata-rata efektif adalah sekitar Pe hingga 20 bar (2.0 Mpa) pada tekanan lebih pengisian hingga 30 bar (3.0 Mpa) dengan suhu udara dalam kompresor meningkat hingga 150⁰C - 160⁰C pada beban penuh dan suhu udara bilas menurun 40⁰C serta suhu gas buang sewaktu masuk ke dalam turbin berkisar antara 500⁰C - 525⁰C, sedangkan suhu setelah turbin meninggalkan pada saat meninggalkan motor yaitu 350⁰C - 375⁰C. Jatuh suhu pada turbin adalah sekitar 150⁰C.

Pada udara yang dialirkan ke dalam silinder mendapat proses penyerapan panas di dalam *intercooler* guna mendapatkan udara yang cukup untuk pembakaran yang sempurna. Pada tekanan udara yang lebih rendah dan temperatur yang lebih tinggi, berat udara yang dihisap akan lebih sedikit. Sedangkan untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna dibutuhkan berat udara yang cukup. Dengan demikian bahwa diperlukan tekanan udara yang lebih tinggi dan temperatur yang lebih rendah untuk menghasilkan daya mesin yang lebih besar. Agar kerja *intercooler* optimal dibutuhkan:

1. Perawatan yang sesuai dengan *manual book*

Seperti tiap 60 - 100 jam kerja diadakan pembersihan saringan udara pada *turbocharger* (sisi blower). Setiap 3000 jam kerja pembersihan pada *intercooler*, baik pada sisi air laut maupun sisi udaranya. Pemeriksaan ruang udara bilas tiap 500-1000 jam kerja mesin induk.

2. Pemeriksaan secara rutin dalam sistem udara bilas yaitu:
 - a. Memeriksa temperatur udara bilas yang keluar dari *intercooler*.
 - b. Memeriksa tekanan udara bilas.
 - c. Memeriksa sambungan saluran udara *turbocharger* keruang udara bilas, untuk memastikan tidak adanya kebocoran sambungan tersebut.

- d. Mencerat udara bilas pada ruang udara bilas dengan membuka kran ceratnya.
- e. Memeriksa minyak lumas, pendinginan dan penunjukan putaran pada *turbocharger*.
- f. Memeriksa suhu dan tekanan air laut pendingin pada *intercooler*.

Secara teoritis udara yang dibutuhkan sebanyak 14.0 – 14.5 kg per 1 kg bahan bakar untuk pembakaran sempurna di setiap silinder, jumlah udara tersebut dinamakan jumlah udara teoritis. Untuk menghasilkan penyalaan cepat dan pembakaran cepat maka dalam silinder harus tersedia lebih besar dari pada jumlah udara teoritis. Jumlah udara yang diperlukan sesungguhnya per kg bahan bakar disebut jumlah udara praktis.

4. Kerja *intercooler* yang tidak optimal

Menurut (C.C.Pounder, *marine diesel engines*, 1972:32). *Intercooler* yang kotor menyebabkan kurangnya jumlah udara murni yang masuk kedalam ruang silinder. Massa jenis udara menentukan massa bahan bakar yang dapat dibakar pada setiap langkah dalam silinder dan menentukan daya maksimal pada mesin. Jika massa udara dalam setiap langkah meningkat maka besar pula massa bahan bakar pada setiap silinder yang dapat dibakar.

Pada kerja *intercooler* yang tidak optimal terjadi kenaikan suhu udara bilas. Mengakibatkan penurunan performa atau kondisi mesin induk, dimana jika suhu udara bilas (*scavenging air*) naik akan berpengaruh pada suhu gas buang karena proses pembakaran yang tidak sempurna. *Intercooler* berperan penting untuk menurunkan temperatur udara masuk ruang bakar, sehingga temperatur hasil kompresi tidak sangat jauh lebih tinggi dari pada temperatur titik nyala bahan bakar. Akibat dari temperature udara jauh lebih tinggi dari pada titik nyala bahan bakarnya adalah akan terjadi *back pressure* yang sangat besar, karena bahan bakar disemprotkan sesaat sebelum *Top Dead*

Center (TDC). Sehingga akan mengurangi *lifetime* dari mesin diesel itu sendiri.

Faktor yang mempengaruhi tidak optimalnya kerja *intercooler* antara lain:

- 1) Pipa-pipa pendingin *intercooler* tersumbat
- 2) Kotornya *intercooler* di bagian sisi masuk udara
- 3) Bocornya pipa-pipa pendingin *intercooler* karena termakan usia bahan
- 4) Tekanan pompa pendingin *intercooler* yang tidak maksimal
- 5) *Central cooler* kotor

5. Pompa air pendingin *intercooler*

Menurut (S.H.Henshall, *medium and high speed diesel engines for marine use*. 1978:185). Sistem pendingin air tawar pada umumnya sama dengan sistem pendingin air laut kecuali pada air panas yang akan dibuang lewat *overboard* serta melalui *heat exchanger* dan dikembalikan kehisapan pompa, *heat exchanger* yang disirkulasi dengan air laut disediakan dari pompa kedua.

Pada sistem udara bilas, terjadi proses pendinginan udara pada *intercooler* menggunakan air laut atau air tawar. Air laut atau air tawar pada sistem pendinginan udara bilas merupakan media pendingin udara. Air laut atau air tawar dialirkan menggunakan pompa. Pompa pada sistem pendinginan udara bilas merupakan pesawat yang dipergunakan untuk mengalirkan air laut atau air tawar menuju *intercooler* pada pendingin udara bilas yang dihasilkan *turbochager*. Pompa yang digunakan adalah jenis sentrifugal.

6 *Shel*

Pengertian :

- a. *Shel* adalah singkatan dari *Software, Hardware, Environment, dan Liveware*, yang memiliki arti sebagai berikut:

1) *Software*

Merujuk bukan hanya untuk perangkat lunak komputer tetapi untuk aturan, prosedur, praktek yang menentukan cara dimana berbagai komponen sistem berinteraksi antara mereka sendiri dan dengan lingkungan eksternal.

2) *Hardware*

Digunakan untuk mengacu pada setiap komponen fisik dan non-manusia dari sistem seperti kendaraan, alat-alat, manual, tanda-tanda dan sebagainya.

3) *Environment*

Mengacu pada lingkungan dimana komponen-komponen yang berbeda dari proses berinteraksi.

4) *Liveware*

Mengacu pada setiap komponen manusia dari *system* dalam aspek relasional dan komunikasi.

b. Konsep dasar teori shel

“Konsep dasar dari teori *Shel* adalah program yang menunggu instruksi dari pemakai, memeriksa *system* dari instruksi yang telah diberikan, kemudian mengeksekusi perintah tersebut” (Steve Bourne 2006;1). “Teori *Shel* adalah cara untuk mengidentifikasi masalah yang timbul dari suatu *system* dan mengoptimalkannya, dengan hubungan faktor manusia dan lingkungan” (Reinhart , 1996,). Konsep ini berasal dari *Shel* model oleh Hawkins 1975, yang namanya berasal dari inisial komponennya adalah sebagai berikut:

- 1) *Software*
- 2) *Hardware*
- 3) *Environment*
- 4) *Liveware*

Secara umum diketahui bahwa sebagian besar kecelakaan dalam pengoperasian terkait dengan kesalahan manusia, sedangkan kegagalan mekanis dalam perawatan *system* saat ini telah mengalami penurunan dengan sejumlah peralatan teknologi yang lebih baik. Selain itu, dalam persepsi faktor manusia setiap individu baik yang mengambil bagian dalam operasi atau bagian pendukung pengoperasian *system*, memiliki kemampuan individu dan keterbatasan. Dengan demikian, banyak perusahaan berusaha untuk menerapkan keselamatan dengan pelatihan berdasarkan interaksi dari masing-masing komponen *Shel*.

Model *Shel* lebih menekankan pada seseorang (*Center Liveware*) dan empat komponen lain daripada komponennya sendiri. Di sisi lain, itu tidak bisa diterapkan dalam model ini untuk menutupi *interface* yang berada di luar faktor manusia seperti *Hardware*, *Software*, lingkungan.

Dari model *Shel* ini, setiap orang (*Centre Liveware*) diterapkan untuk berinteraksi dengan yang lain empat komponen dan interaksi yang berbeda antara orang dan masing-masing komponen lainnya, sementara diyakini dari teori ini bahwa ketidaksesuaian antara pusat *Liveware* dan setiap empat komponen lain selalu mengarah ke sumber kesalahan manusia.

c. Definisi dan tujuan *shel*

Central Liveware. *Liveware* yang berada di tengah dari *shel*, dapat didefinisikan sebagai unsur-unsur manusia seperti pengetahuan, sikap, budaya dan stres. *Liveware* ini dianggap sebagai inti dari *Shel* dan komponen lainnya cocok dengan *Liveware* sebagai tokoh sentral.

Shel interface L-H system Pertama, interaksi antara *Liveware* dan *Hardware* (*system L-H*) biasanya bernama *system* manusia dan mesin. *System* ini dapat dengan mudah dijelaskan dengan contoh: Kapal harus pada kondisi optimal dalam rangka menjamin kegiatan pengangkutan migas di Indonesia, serta mengembangkan bisnis dilingkungan, perusahaan mendapat tugas menyediakan angkutan laut baik kapal milik sendiri maupun kapal charter, untuk kelancaran pengiriman bahan bakar minyak sehingga dapat dimanfaatkan oleh konsumen (manusia).

L-S *System* di dalam *shel*, yang dipresentasikan sebagai interaksi antara *Liveware* dan *Software*. Sebagai *Software* menunjukkan benda-benda yang berwujud dari pada *Hardware*, jelas bahwa kesalahan interaksi L-S lebih sulit untuk memecahkannya dari pada kesalahan interaksi L-H. kurangnya aspek konseptual pada *system* peringatan, dapat diterapkan pada perawatan sistem bahan bakar mesin induk dengan prosedur perawatan sesuai jam kerja, untuk meminimalkan kesalahan dibuat *monthly report*.

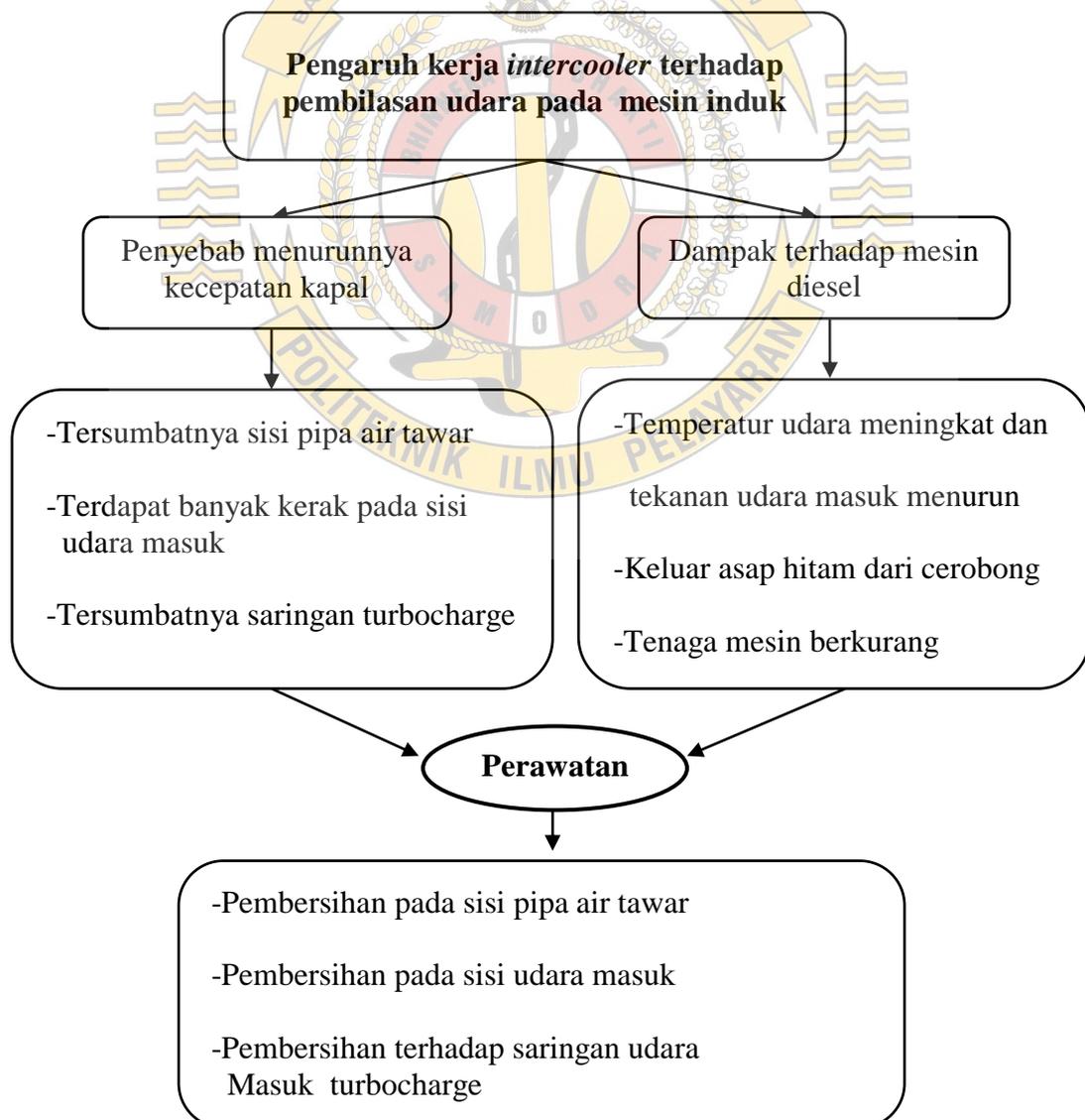
L-E ini yang bersangkutan pada organisasi, peraturan dan sosio-aspek lingkungan seperti moral karyawan dan kesehatan organisasi dibidang pelayaran.

Hawkins (1987; 3) terutama menekankan pada tiga faktor lingkungan: bising, panas dan getaran, yang dapat mengakibatkan kesalahan interaksi L-E. Dia juga menyatakan bahwa kesalahan ini dapat

diminimalkan dengan mengoptimalkan kontrol ketiga faktor karena banyak penelitian yang sukses telah terbukti.

L-L *System* antar muka terakhir di *shel*, yang merupakan interaksi antara *Liveware* dan *Liveware*. Antarmuka L-L ini juga terkait dengan kepemimpinan, kerja sama *crew* dan interaksi kepribadian dan faktor manusia ahli telah dipastikan bahwa masalah interaksi L-L, seperti kesalahan dalam tim kerja, dalam perawatan perawatan yang kurang baik pada *intercooler*.

B. Kerangka pikir penelitian



Gambar 2.1 Kerangka Pikir Penelitian

C. Definisi operasional

Melihat akan pentingnya peranan mesin induk di MT. KASIM sebagai menunjang kelancaran operasional kapal menimbulkan rasa keingintahuan para pembaca untuk mempermudah dalam mempelajarinya maka di bawah ini akan dijelaskan mengenai pengertian istilah-istilah pada mesin induk di MT. KASIM :

1. *Intercooler* adalah bagian dari mesin induk yang berfungsi mendinginkan dan memampatkan udara untuk pembakaran sehingga udara yang masuk ke ruang bakar bertemperatur rendah dengan kadar oksigen tinggi dan nantinya pembakaran bahan bakar diruang bakar bisa sempurna.
2. *Turbocharger* adalah bagian dari mesin induk yang berfungsi menambah jumlah udara murni ke mesin induk yang digunakan untuk pembilasan dan pembakaran yang sempurna dari mesin induk tersebut.
3. *Filter Turbocharger* adalah berfungsi menyaring udara murni pada hisapan *turbocharger* sebelum ke *intercooler*.
4. *HT Cooler dan LT Cooler* adalah alat untuk mendinginkan air tawar dengan media air laut
5. Pompa adalah alat untuk memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lainnya.
6. *Strainer sea chest* adalah suatu alat yang berfungsi menyaring air dari kotoran-kotoran pada hisapan pompa pendingin *intercooler*.
7. *Valve* berfungsi membuka atau menutup suatu aliaran zat (gas/cair).