



Termodinamika Teknik (TFH2F3)

Sistem Terbuka

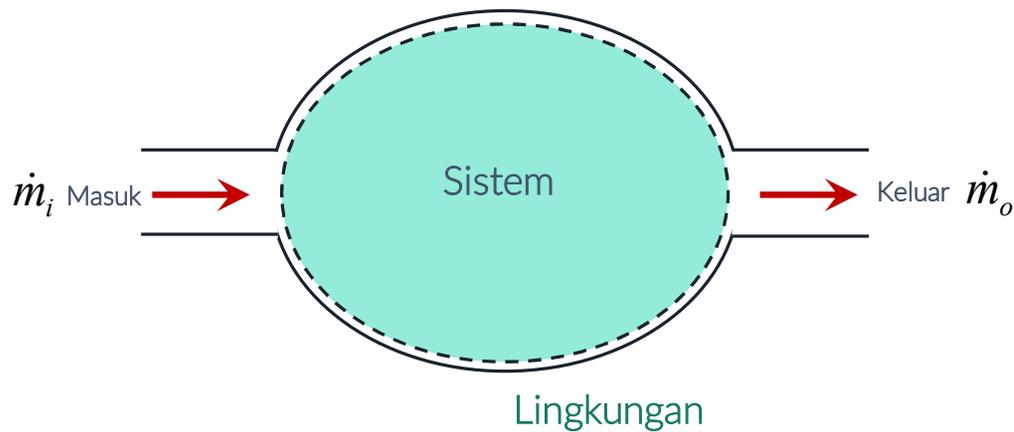
Kekekalan massa

Mukhammad Ramdhan Kirom

Prodi Teknik Fisika – Fakultas Teknik Elektro



Sistem Terbuka



Prinsip kekekalan massa untuk sistem terbuka dengan massa m_{st} yang menempati suatu ruang sebagai fungsi waktu t dinyatakan oleh

$$\frac{dm_{st}}{dt} = \dot{m}_i - \dot{m}_o$$

Untuk sistem dengan massa yang masuk dan keluar lebih dari satu

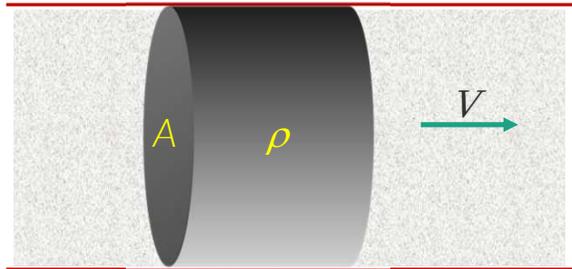
$$\frac{dm_{st}}{dt} = \sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_o$$

Laju Massa

Laju massa \dot{m} menyatakan jumlah massa persatuan waktu yang masuk atau keluar sistem

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho V)}{dt} = \rho A \frac{dx}{dt} = \rho AV = \frac{AV}{v}$$

Besarnya sebanding dengan perkalian luas penampang saluran masuk atau keluar dikali laju aliran dibagi dengan volume spesifik zat





Keadaan Tunak (Steady State)

Keadaan tunak atau steady state adalah keadaan di mana sifat dari sistem tidak berubah atau konstan. Sehingga untuk sistem yang tunak tidak ada perubahan massa di dalam sistem dan berlaku

$$\frac{dm_{st}}{dt} = 0$$

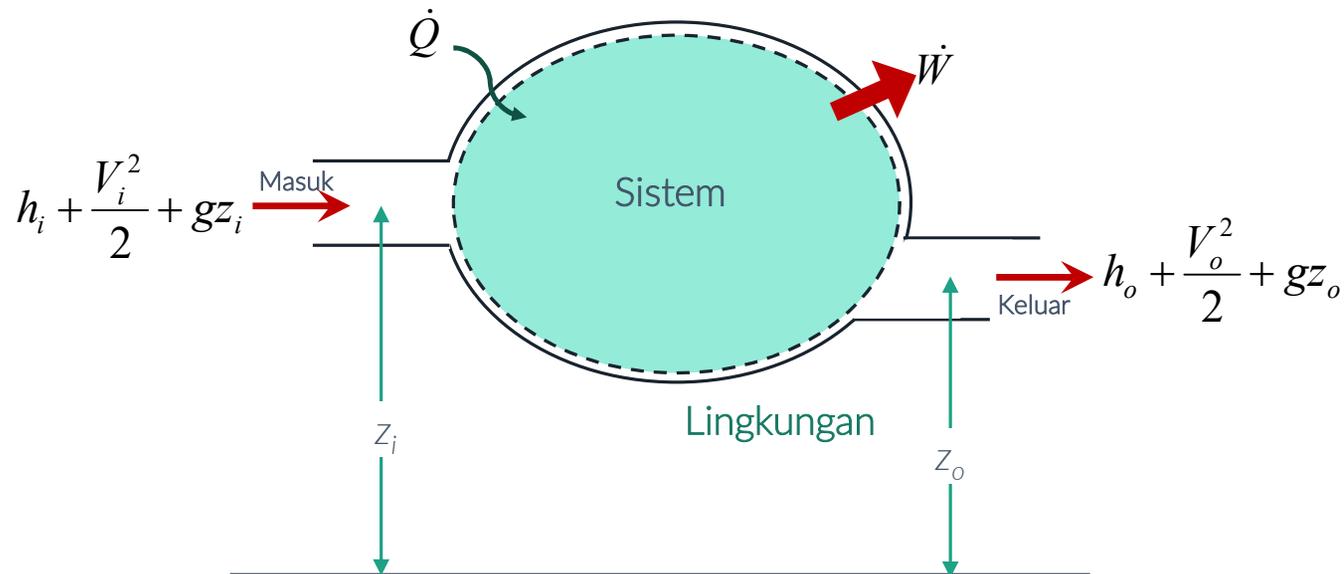
$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o$$

Jumlah laju massa yang masuk sama dengan laju massa yang keluar

Energi Sistem Terbuka

Prinsip kekekalan energi untuk sistem terbuka dengan energi sistem E_{st} sebagai fungsi waktu t dinyatakan oleh

$$\frac{dE_{st}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) - \sum \dot{m}_o \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right)$$



Laju Energi


$$h + \frac{V^2}{2} + gz \rightarrow$$

- ❑ Laju energi yang masuk atau keluar sistem sama dengan penjumlahan dari entalpi spesifik h , energi kinetik spesifik $\frac{V^2}{2}$, dan energi potensial spesifik gz dikali dengan laju massa.
- ❑ Entalpi spesifik merupakan gabungan dari energi dalam dan kerja yang akibat adanya perubahan tekanan dan volume spesifik antara aliran yang masuk dan aliran keluar.
- ❑ Selain energi yang masuk atau keluar dari aliran zat, juga ada aliran energi dari lingkungan atau sebaliknya berupa kalor dan kerja.
- ❑ Untuk sistem adiabatik, maka tidak ada kalor yang masuk atau keluar sistem



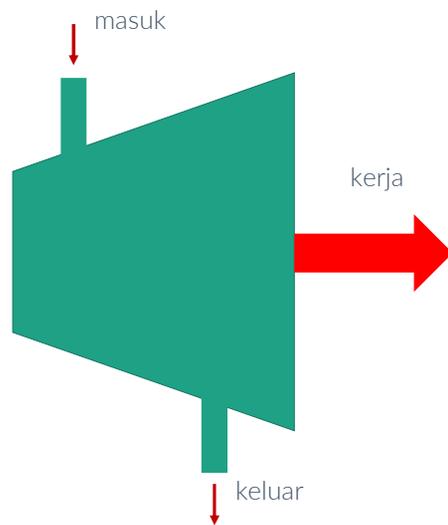
Keadaan Tunak (Steady State)

Keadaan tunak atau steady state untuk aliran energi artinya tidak ada perubahan energi di dalam sistem dan berlaku

$$\frac{dE_{st}}{dt} = 0$$
$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) = \dot{W} + \sum \dot{m}_o \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right)$$

Jumlah laju kalor yang masuk ditambah laju energi yang masuk sama dengan daya yang keluar sistem ditambah laju energi yang keluar

Turbin Uap



Turbin adalah suatu peralatan di mana kerja dibangkitkan sebagai hasil dari melintasnya gas atau cairan melalui satu set sudu atau baling-baling pada poros yang dapat bebas berputar. Secara umum kalor dapat masuk atau keluar melalui turbin. Tetapi untuk sistem ideal (adiabatik) tidak ada kalor yang masuk atau keluar



Persamaan laju massa dan energi

Laju massa :

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o$$

Laju energi :

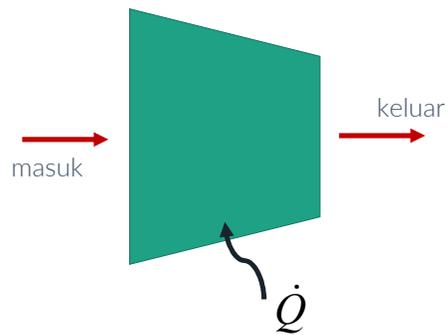
Untuk kasus sederhana di mana hanya satu aliran masuk dan satu aliran keluar dengan asumsi tidak ada perubahan energi potensial berlaku

$$\dot{Q} = \dot{W} + \dot{m} \left((h_o - h_i) + \left(\frac{V_o^2}{2} - \frac{V_i^2}{2} \right) \right)$$

Laju kalor umumnya keluar dari sistem akibat interaksi sistem dengan lingkungan. Daya dihasilkan oleh turbin uap berupa gerak rotasi yang biasanya digunakan untuk memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.



Nosel

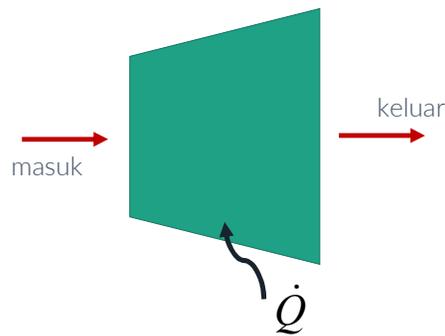


Nosel adalah suatu peralatan lintasan aliran dengan luas penampang mengecil di mana kecepatan aliran akan meningkat searah dengan arah aliran dan tekanan menurun searah dengan arah aliran.

- $p_i > p_o$
- $V_i < V_o$

Kalor dapat masuk dari lingkungan atau arah sebaliknya karena perbedaan temperatur antara sistem dan lingkungan

Difuser



Difuser adalah kebalikan dari nosel di mana suatu aliran dengan luas penampang membesar dan kecepatan aliran akan menurun searah dengan arah aliran.

- $p_i < p_o$
- $V_i > V_o$

Kalor dapat masuk dari lingkungan atau arah sebaliknya karena perbedaan temperatur antara sistem dan lingkungan



Persamaan laju massa dan energi

Laju massa :

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o$$

Laju energi :

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) = \sum \dot{m}_o \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right)$$

Untuk kasus sederhana di mana hanya satu aliran masuk dan satu aliran keluar dengan asumsi tidak ada perubahan energi potensial berlaku

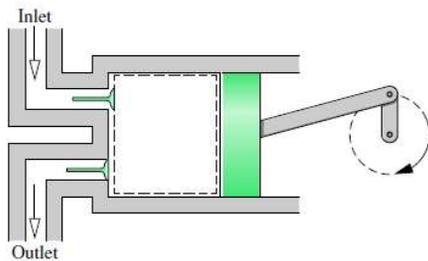
$$\dot{Q} = \dot{m} \left((h_o - h_i) + \left(\frac{V_o^2}{2} - \frac{V_i^2}{2} \right) \right)$$

Laju kalor umumnya keluar dari sistem akibat interaksi sistem dengan lingkungan.

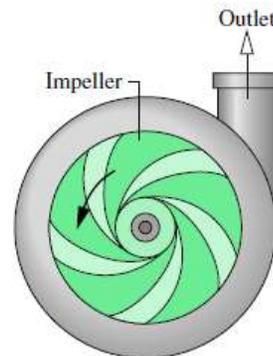


Kompresor atau pompa

Kompresor atau pompa adalah alat di mana kerja dilakukan terhadap gas atau cairan yang melaluinya untuk menaikkan tekanan.



Kompresor Torak
bolak-balik



Kompresor
rotari



Persamaan laju massa dan energi

Laju massa :

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o$$

Laju energi :

Untuk kasus sederhana di mana hanya satu aliran masuk dan satu aliran keluar dengan asumsi tidak ada perubahan energi potensial berlaku

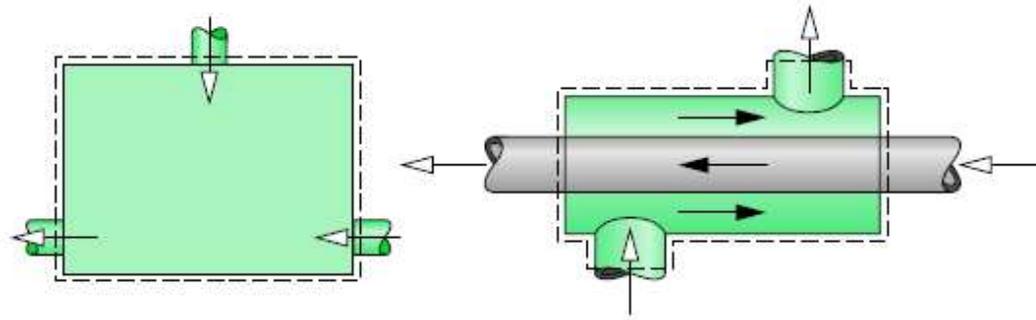
$$\dot{Q} = \dot{W} + \dot{m} \left((h_o - h_i) + \left(\frac{V_o^2}{2} - \frac{V_i^2}{2} \right) \right)$$

Laju kalor umumnya keluar dari sistem akibat interaksi sistem dengan lingkungan. Daya diperlukan oleh pompa atau kompresor dalam bentuk daya listrik untuk menghasilkan putaran mesin.

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) = \dot{W} + \sum \dot{m}_o \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right)$$

Alat Penukar Kalor

Digunakan untuk memindahkan energi antara dua atau lebih fluida yang memiliki perbedaan temperatur melalui perpindahan kalor.





Persamaan laju massa dan energi

Laju massa :

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o$$

Laju energi :

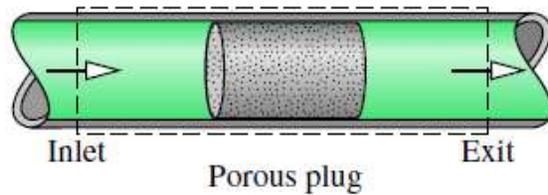
Untuk kasus ideal tidak ada perubahan energi potensial dan energi kinetik. Demikian juga tidak ada kalor dan kerja yang masuk atau keluar sistem

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) = \dot{W} + \sum \dot{m}_o \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right)$$

$$\sum \dot{m}_i h_i = \sum \dot{m}_o h_o$$

Alat Trostel

Pengurangan tekanan aliran secara sederhana dapat dilakukan dengan memberi penghalang di dalam saluran berupa katup terbuka sebagian atau sumbat berpori.



Dalam kasus ideal kecepatan aliran masuk dan keluar sama sehingga berlaku :

$$h_i = h_o$$

Kondisi demikian disebut proses trostel