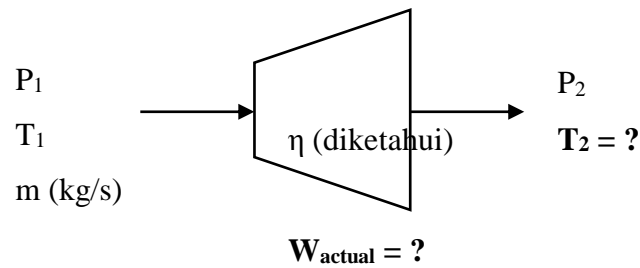


Menghitung Daya Turbin/ Expander



Jika Gas Ideal:

1. Cari T_{2S} (suhu keluar jika proses isentropik) hingga diperoleh $\Delta S = 0$.

Kondisi ideal: Proses isentropik ($\Delta S = 0$)

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{Cp}{T} dT - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$Cp = f(T)$$

Biasanya yang tersedia:

$$\frac{Cp}{R} = f(T)$$

Sehingga harus dikalikan R untuk memperoleh nilai Cp, sehingga

$$\Delta S = R \int_{T_1}^{T_2} \frac{Cp/R}{T} dT - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

Jika Cp dianggap tetap atau diketahui Cp rata-rata (*mean heat capacity*), $\langle Cp \rangle$

$$\Delta S = \langle Cp \rangle \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta S = 0$$

$$\langle Cp \rangle \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\langle Cp \rangle \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) = R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{R/\langle Cp \rangle}$$

Sehingga:

$$T_{2S} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{R / \langle Cp \rangle}$$

2. Hitung ΔH_S :

$$\Delta H_S = \int_{T_1}^{T_{2S}} Cp \, dT$$

atau

$$\Delta H_S = R \int_{T_1}^{T_{2S}} Cp/R \, dT$$

3. Hitung ΔH :

$$\Delta H = \eta \Delta H_S$$

4. Daya aktual:

$$W_{S \text{ actual}} = m \Delta H$$

5. T_2 diperoleh dari :

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} Cp \, dT$$

atau

$$\Delta H = R \int_{T_1}^{T_2} Cp/R \, dT$$

Jika Gas Non Ideal (Real Gas)

1. Cari T_{2S} (suhu keluar jika proses isentropik) hingga diperoleh $\Delta S = 0$.

Kondisi ideal: Proses isentropik ($\Delta S = 0$)

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{Cp}{T} \, dT - R \ln \frac{P_2}{P_1} - S_1^R + S_2^R$$

$$Cp = f(T)$$

Jika yang tersedia :

$$\frac{Cp}{R} = f(T)$$

$$\Delta S = R \int_{T_1}^{T_2} \frac{Cp/R}{T} \, dT - R \ln \frac{P_2}{P_1} - S_1^R + S_2^R$$

Untuk menghitung:

$$S_1^R = f(T_{r1}, P_{r1})$$

$$S_2^R = f(T_{r2}, P_{r2})$$

ada beberapa cara berikut.

a. Jika kondisi berada di atas garis putus-putus pada diagram berikut ini,

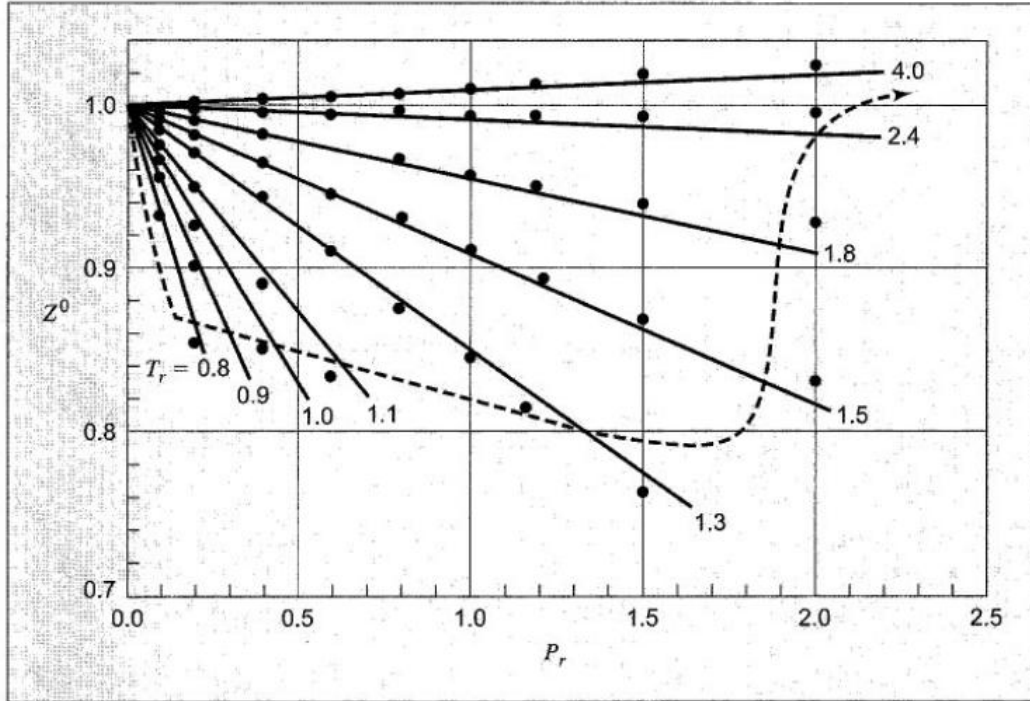


Figure 3.15 Comparison of correlations for Z^0 . The virial-coefficient correlation is represented by the straight lines; the Lee/Kesler correlation, by the points. In the region above the dashed line the two correlations differ by less than 2%

maka persamaan berikut bisa digunakan.

$$B^0 = 0.083 - \frac{0.422}{T_r^{1.6}}$$

$$\frac{dB^0}{dT_r} = \frac{0.675}{T_r^{2.6}}$$

$$B^1 = 0.139 - \frac{0.172}{T_r^{4.2}}$$

$$\frac{dB^1}{dT_r} = \frac{0.722}{T_r^{5.2}}$$

$$\frac{H^R}{RT_c} = P_r \left[B^0 - T_r \frac{dB^0}{dT_r} + \omega \left(B^1 - T_r \frac{dB^1}{dT_r} \right) \right]$$

$$\frac{S^R}{R} = -P_r \left(\frac{dB^0}{dT_r} + \omega \frac{dB^1}{dT_r} \right)$$

- b. Bisa menggunakan diagram atau tabel Lee-Kesler
- c. Dengan EOS (Equation of State) bentuk kubik (lihat SVNA contoh 6.4)

2. Hitung ΔH_S :

$$\Delta H_S = \int_{T_1}^{T_{2S}} C_p dT - H_1^R + H_2^R$$

Residual properties untuk entalpi

$$H_1^R = f(T_{r1}, P_{r1})$$

$$H_2^R = f(T_{r2}, P_{r2})$$

dihitung dengan cara analog seperti menghitung S^R .

3. Hitung ΔH :

$$\Delta H = \eta \Delta H_S$$

4. Daya aktual:

$$W_{S \text{ actual}} = m \Delta H$$

5. T_2 dihitung dari ΔH aktual:

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT - H_1^R + H_2^R$$

Jika T_2 tidak bisa dihitung secara eksplisit, maka secara implisit bisa dihitung dengan cara iterasi atau coba-coba.

Residual properties untuk entalpi

$$H_1^R = f(T_{r1}, P_{r1})$$

$$H_2^R = f(T_{r2}, P_{r2})$$

Dapat dihitung dengan cara yang analog dengan perhitungan entropi residual (S^R)

Jika ada data termodinamika dalam bentuk tabel atau diagram (Misal: steam table)

1. Dalam tabel/ diagram: pada T_1 dan P_1 cari H_1 dan S_1
2. Dalam tabel/ diagram: pada P_2 cari T_{2S} (suhu isentropik) sehingga $S_2 = S_1$
Jika nilai S_2 berada di antara entropi cair jenuh (S_2^V) dan entropi uap jenuh (S_2^L), berarti kondisi 2 (keluar turbin) berupa campuran uap-cair. Untuk kondisi ini, cara perhitungan bisa dilihat pada buku SVNA contoh 7.6.

Jika S_2 masih dalam fase uap, perhitungan berikutnya sebagai berikut.

3. Dari T_{2S} cari H_{2S}
4. Hitung perubahan entalpi isentropik, ΔH_S :

$$\Delta H_S = H_{2S} - H_1$$

5. Hitung perubahan entalpi aktual, ΔH :

$$\Delta H = \eta \Delta H_S$$

6. Daya aktual: $W_{S \text{ actual}} = m \Delta H$

7. T_2 aktual dihitung dari entalpi aktual:

$$H_{2 \text{ actual}} = H_1 + \Delta H$$

Dari P_2 dan $H_{2 \text{ actual}}$, cari T_2 aktual dalam tabel/ diagram yang tersedia.