

## ANALISIS ENERGI PADA KOMPRESOR TIGA TINGKAT YANG MENGALAMI PENURUNAN TEKANAN

Aloysius Eddy Liemena

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura

### ABSTRAK

*Dari sudut pandang teknik termodinamika, kompresor dianggap sebagai perangkat yang steady-flow process dimana massa udara atau gas dengan energi panas dapat bekerja masuk atau keluar dari sistem. Udara yang masuk melalui kompresor diasumsikan sebagai gas ideal sesuai dengan hukum pertama dan kedua termodinamika dan tahap ketiga polytropic sehingga dapat menghitung arus stabil yang bekerja reversible internal. Dengan mendapatkan laju aliran massa udara dapat dihitung jumlah input daya untuk menjalankan kompresor tiga tingkat.*

*Pada kompresor tiga tingkat dapat terjadi penurunan tekanan udara dari maksimum ke minimum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kerja spesifik dan mendapatkan tingkat laju aliran udara sehingga kita bisa menghitung input daya dari kompresor.*

**Kata kunci:** *steady-flow process, kompresor tiga tingkat, Specific work, Power input*

### ABSTRACT

*From the engineering thermodynamics point of view, compressor is assumed as a device of a steady-flow process that the mass of air or gas with energy as heat and work could enter or exit from the system. Air came through the compressor assumed as the ideal gas according by the first & second law of thermodynamics and had a three stage polytropic and so could calculated the steady flow worked that reversible internally. By given the mass flow rate of air, the total of power input for running the third stage compressor could be calculated.*

*At the the three-stage compressor, the air pressure could be dropped from maximum to minimum.*

*This research aims to decide the specific work and by obtained the air flow rate we could calculate the power input by the compressor.*

**Keywords :** *Steady-flow process, Third stage compressor, Specific work, Power input*

### PENDAHULUAN.

Pada kompresor tiga tingkat tersebut ada intercooler yang berfungsi untuk mendinginkan udara setelah mengalami proses kompresi. Disini ada dua intercooler dan satu aftercooler.

Pendinginan terhadap udara tersebut adalah untuk mempertahankan volume jenis dari pada udara menjadi tetap minimum, oleh karena volume jenis tersebut proporsional terhadap temperatur dan juga dengan tujuan meminimumkan kerja masukan yang pada akhirnya juga meminimumkan daya masukan.

Dari termodinamika teknik, kompresor di-asumsikan sebagai alat yang mengalami proses aliran ajeg (steady). Pada kompresor tiga tingkat tersebut bisa terjadi penurunan tekanan udara dari maksimum menjadi minimum.

Dari alasan yang telah dikemukakan di atas maka penulis tertarik untuk meneliti kasus ini dengan judul : Analisis energi pada pada kompresor tiga tingkat yang mengalami penurunan tekanan.

Analisisnya berdasarkan pada prinsip kekekalan massa maupun energi untuk sistem terbuka selanjutnya juga menyangkut proses aliran ajeg (steady).

Untuk kompresor tiga tingkat yang mengalami pendinginan melalui intercooler maupun after-cooler, harus diformulasikan kerja persatuan massa maupun tekanan antara.

Dengan diasumsikan laju aliran massa udara maka dapat diperhitungkan daya total yang diperlukan untuk menjalankan kompresor tiga tingkat tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kerja persatuan massa udara yaitu dengan simbol :  $w = f(T_1, P_1, P_x, P_y, P_2)$  dan dengan diketahuinya laju aliran massa udara yaitu dengan simbol :  $\dot{m}$ , kg/s maka dapatlah dihitung daya yang diperlukan oleh kompresor tiga tingkat tersebut yaitu dengan

simbol :  $\dot{w} = f(\dot{m}, w)$ , baik sebelum maupun sesudah terjadi penurunan tekanan udara yang melalui ketiga tingkat kompresor tersebut.

Dan terutama penurunan rumus dengan cara diferensiasi persamaan kerja persatuan massa udara untuk mendapatkan tekanan antara  $P_x = f(P_1, P_2)$  &  $P_y = f(P_1, P_2)$ .

Kompresor diasumsikan sebagai sistem terbuka (volume atur) artinya bahwa massa udara ataupun beserta energi berupa panas & kerja bisa masuk ke dalam ataupun keluar. Udara ataupun gas yang melalui kompresor diasumsikan sebagai gas ideal yang mengalami proses politropik yaitu proses antara isotermik dan adiabatik.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Prinsip kerja kompresor udara tiga tingkat.**

Menurut Arismunandar W. (1992), prinsip kerjanya yaitu ketika kedudukan torak berada dibagian bawah silinder, katup isap terbuka dan udara masuk ke dalam silinder, selanjutnya ketika gerakan torak mendekati sisi ujung (bagian atas silinder) katup isap tertutup dan katup buang terbuka sehingga udara ditekan keluar ke intercooler untuk didinginkan, demikian juga udara tersebut masuk pada tingkat yang kedua dan ditekan keluar ke intercooler dan selanjutnya masuk pada tingkat yang ketiga, udara ditekan keluar ke aftercooler dan selanjutnya diteruskan melalui salurannya ke kondensor untuk pen-dingin-an lanjutan kemudian menuju alat pemurnian oksigen, dan akhirnya disalurkan ke botol-botol oksigen tersebut.

**2.2. Prinsip kekekalan massa untuk sistem terbuka.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : (Massa total yang masuk ke sistem terbuka ) dikurangi (massa total yang keluar dari sistem terbuka) sama dengan (perubahan massa di dalam sistem terbuka).

Dengan formulasi sebagai berikut :

$$\sum m_{masuk} - \sum m_{keluar} = \Delta m_{sistem-terbuka} \dots\dots\dots (1)$$

**2.3. Laju aliran massa.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : jumlah massa yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu disebut laju aliran massa dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho \cdot V_{rerata} \cdot A \cdot \frac{kg}{s} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$$\rho = \text{kerapatan massa}, \frac{kg}{m^3} = \frac{1}{\nu}$$

$$V_{rerata} = \text{kerapatan rerata fluida}, \frac{m}{s}$$

$$A = \text{luas penampang saluran}, m^2.$$

**2.4. Laju aliran volume.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu disebut laju aliran volume, dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{V} = V_{rerata} \cdot A \cdot \frac{m^3}{s} \dots\dots\dots (3)$$

Hubungan antara  $\dot{m}$  dan  $\dot{V}$  adalah :

$$\dot{m} = \delta \cdot \dot{V} = \frac{\dot{V}}{\nu} \dots\dots\dots (4)$$

**2.5. Prinsip kekekalan energi untuk sistem terbuka.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : (Energi total yang melewati batas sistem berupa panas dan kerja) ditambah (energi total dari massa yang masuk sistem terbuka) dikurangi (energi total dari massa yang keluar dari sistem terbuka) adalah sama dengan (perubahan energi di dalam sistem terbuka). Yang diformulasikan sebagai berikut :

$$Q - W + \sum E_{masuk} - \sum E_{keluar} = \Delta E_{sistem-terbuka} \dots\dots\dots (5)$$

**2.6. Kerja aliran.**

Menurut Cengel & Boles,1994 kerja aliran dirumuskan sebagai berikut :

$$W_{aliran} = F.L = P.A.L = P.V, \text{ kJ} \dots\dots\dots (6)$$

Sedangkan kerja aliran persatuan massa adalah :

$$w_{aliran} = P.v, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \dots\dots\dots (7)$$

**2.7. Energi total suatu fluda yang mengalir persatuan massa.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 :

$$\theta = P.v + e \dots\dots\dots (8)$$

= P.v + (u + ek + ep), dan P.v + u = h, sehingga :

$$= h + ek + ep$$

$$= h + \frac{V^2}{2} + gz, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

dengan :

P.v = kerja aliran persatuan massa,  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ .

h = enthalpi persatuan massa,  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ .

V = kecepatan rerata,  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

g = percepatan gravitasi,  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

z = ketinggian sistem, m.

**2.8. Proses aliran stabil.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : suatu proses aliran stabil adalah suatu proses yang terjadi dalam periode waktu yang lama dengan kondisi yang konstan.

Karakteristiknya antara lain :

Tidak ada perubahan sifat-sifat (intensif atau ekstensif) di dalam sistem terbuka jadi volume V, massa m, dan energi total E dari sistem terbuka tetap konstan selama suatu proses aliran stabil (ajeg). Jadi kerja pada batas sama dengan nol untuk suatu sistem aliran ajeg (karena  $V_{\text{sistem-terbuka}} = \text{konstan}$ ).

**2.9. Prinsip kekekalan massa untuk proses aliran ajeg.**

Menurut Cengel & Boles, 1994 : Prinsip kekekalan massa dalam bentuk laju dan sistem mempunyai banyak saluran masuk maupun keluar dinyatakan sebagai berikut :

(Massa total yang masuk sistem terbuka persatuan waktu) = (massa total yang keluar dari sistem terbuka persatuan waktu).

Atau :

$$\sum \dot{m}_{masuk} = \sum \dot{m}_{keluar}, \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \dots\dots\dots (9)$$

Untuk sistem dengan sepasang saluran masuk dan keluar maka persamaan di atas menjadi:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \dots\dots\dots (10)$$

Atau :

$$\rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_2 \dots\dots\dots (11)$$

$$\left(\frac{1}{v_1}\right) V_1 \cdot A_1 = \left(\frac{1}{v_2}\right) V_2 \cdot A_2 \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

$$\rho = \text{kerapatan.massa}, \frac{\text{m}}{\text{V}}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1}{v}$$

$$v = \text{volume jenis}, \frac{\text{V}}{\text{m}}, \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = \frac{1}{\rho}$$

V=kecepatan rerata dalam arah aliran,  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

A = luas penampang normal arah aliran, m<sup>2</sup>.

**2.10. Kekekalan energi untuk proses aliran ajeg.**

Menurut Cengel & Boles, 1994 : Untuk proses ini, perubahan energi total di dalam sistem terbuka adalah nol atau  $\Delta E_{sistem-terbuka} = 0$ , kemudian untuk sistem dengan banyak saluran masuk dan keluar, prinsip ini dinyatakan sebagai berikut : (energi total yang melewati batas sistem berupa panas dan kerja persatuan waktu) = (energi total yang keluar dari sistem terbuka dengan massa persatuan waktu) dikurangi (energi total yang masuk sistem terbuka dengan massa persatuan waktu).

Diformulasikan sebagai berikut :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{keluar} \theta_{keluar} - \sum \dot{m}_{masuk} \theta_{masuk} \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

$$\theta = h + \left(\frac{V^2}{2}\right) + gz = h + ek + ep.$$

Jadi :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{keluar} \left( h_{keluar} + \frac{V_{keluar}^2}{2} + gz_{keluar} \right) - \sum \dot{m}_{masuk} \left( h_{masuk} + \frac{V_{masuk}^2}{2} + gz_{masuk} \right) \dots (14)$$

Untuk sistem dengan sepasang saluran masuk dan keluar maka didapat :

$$\dot{m}_{masuk} = \dot{m}_{keluar} \dots\dots\dots (15)$$

Jadi :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} \left[ h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right] \dots\dots\dots (16)$$

atau :  $\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta ek + \Delta ep]$ , kw  $\dots\dots\dots (17)$

Kemudian persamaan ini, dibagi dengan  $\dot{m}$  menjadi

$$q - w = h + ek + ep, \frac{kJ}{kg} \dots\dots\dots (18)$$

Dengan :

$q = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}}$  = perpindahan panas persatuan massa,  $\frac{kJ}{kg}$  .  $w = \frac{\dot{W}}{\dot{m}}$  = kerja persatuan massa,  $\frac{kJ}{kg}$

Jika ek dan ep diabaikan maka persamaan kekekalan energi untuk sistem terbuka (volume atur) dengan sepasang saluran masuk dan keluar, yang mengalami proses aliran ajeg (a single stream steady flow system), akan menjadi :

$$q - w = h, \frac{kJ}{kg} \dots\dots\dots (19)$$

**2.11. Ketidak-samaan Clausius.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : ketidak-samaan ini ditetapkan oleh R.J.E. Clausius (1882 – 1888) sebagai berikut :

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \dots\dots\dots (20)$$

Simbol integral dengan suatu lingkaran ditengah digunakan untuk menunjukkan bahwa integral dilakukan pada keseluruhan siklus. Tanda < untuk siklus ireversibel dan = untuk siklus reversibel.

**2.12. Entropi & perubahannya.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : oleh Clausius (1865), ditetapkan bahwa  $dS = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{reversibel}$

(KJ/K), S adalah entropi atau entropi total, KJ/K sedangkan s = S/m, adalah entropi persatuan massa, KJ/(kg.K).

Perubahan entropi didapat dengan mengintegral kannya sehingga :

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{reversibel} \dots\dots\dots (21)$$

Sedangkan untuk proses ireversibel berlaku :

$$S_2 - S_1 > \int_1^2 \left( \frac{\delta Q}{T} \right) \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{atau } S_2 - S_1 = \int_1^2 \left( \frac{\delta Q}{T} \right) + S_{\text{gen}} \dots\dots\dots (23)$$

Dengan  $S_{\text{gen}}$  = pertumbuhan entropi, dan  $S_{\text{gen}} \geq 0$  (tergantung proses).

**2.13. Persamaan-persamaan T-ds.**

Menurut Cengel & Boles ,1994 : persamaan T-ds pertama yang disebut persamaan Gibbs adalah sebagai berikut :

$$T \, dS = dU + P \, dV \text{ atau } ds = \frac{du}{T} + \frac{Pdv}{T} \dots\dots\dots (24)$$

Sedangkan persamaan Tds yang kedua adalah sebagai berikut :

$$T \, dS = dH - V \, dP \text{ atau } ds = \frac{dh}{T} - \frac{vdP}{T} \dots\dots\dots (25)$$

**2.14. Persamaan kerja aliran ajeg.**

Menurut Cengel & Boles, 1994 : persamaan tersebut ditulis sebagai berikut :

$$w_{\text{reversibel}} = - \int_1^2 v \cdot dP - \Delta ek - \Delta ep, \frac{kJ}{kg} \dots\dots\dots (26)$$

Jika perubahan energi kinetis dan potensial diabaikan maka didapat :

$$w_{\text{reversibel}} = - \int_1^2 v \cdot dP, \frac{kJ}{kg} \dots\dots\dots (27)$$

**2.15. Persamaan kerja untuk kompresor dua tingkat.**

Menurut Cengel & Boles, 1994 : kerja masukan total untuk kompresor dua tingkat adalah jumlah kerja-kerja masukan untuk setiap tingkat dari kompresi yang diformulasikan sebagai berikut :

$$W_{\text{kompresi}} = W_{\text{kompresi, I}} + W_{\text{kompresi, II}}$$

$$= \frac{nRT_1}{n-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{(n-1)}{n}} \right] + \frac{nRT_1}{n-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_x} \right)^{\frac{(n-1)}{n}} \right] \dots\dots\dots (28)$$

Dimana :

$$P_x = (P_1 P_2)^{1/2} \text{ atau } \frac{P_x}{P_1} = \frac{P_2}{P_x} \dots\dots\dots (29)$$

Sehingga :

$$W_{\text{kompresi, I}} = W_{\text{Kompresi, II}} \dots\dots\dots (30)$$

Maka :

$$w_{\text{kompresi}} = 2 \cdot \frac{nRT_1}{n-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{(n-1)}{n}} \right] \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots (31)$$

Akhirnya dapat dihitung daya total yang dibutuhkan kompresor dua tingkat sebagai berikut :

$$\dot{W} = \dot{m} \cdot w, \text{ kJ/s atau kW} \dots\dots\dots (32)$$

**2.16. Persamaan kerja untuk kompresor tiga tingkat**

Analogi menurut Cengel & Boles, 1994 : kerja masukan total untuk kompresor tiga tingkat adalah jumlah kerja-kerja masukan untuk setiap tingkat dari kompresi yang dirumuskan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 W_{\text{kompresi}} &= W_{\text{kompresi I}} + W_{\text{kompresi II}} + W_{\text{kompresi III}} \\
 \therefore W_{\text{kompresi}} &= \frac{nRT_1}{n-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{(n-1)}{n}} \right] + \frac{nRT_1}{n-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_y}{P_x} \right)^{\frac{(n-1)}{n}} \right] + \frac{nRT_1}{n-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_y} \right)^{\frac{(n-1)}{n}} \right] \dots\dots (33)
 \end{aligned}$$

Diferensial persamaan kerja masukan total di atas tersebut terhadap  $P_x$  sedangkan  $P_y = \text{konstan}$  didapat :

$$P_1^{\frac{(1-n)}{n}} = P_y^{\frac{(n-1)}{n}} \cdot P_x^{2\frac{(1-n)}{n}}$$

Diferensial persamaan kerja masukan total (tenaga) tersebut terhadap  $P_y$  sedangkan  $P_x = \text{konstan}$  didapat :

$$P_x = \left( \frac{1}{P_2} \right) \cdot P_y^2$$

Substitusi persamaan ini ke dalam persamaan di atasnya didapat :

$$\left( P_1 \cdot P_2^2 \right)^{\frac{1}{3}} = P_y \dots\dots\dots (34)$$

Substitusi persamaan  $P_y$  ke dalam persamaan yang di atasnya lagi didapat :

$$P_x = \left( P_1^2 \cdot P_2 \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (35)$$

**METODOLOGI PENELITIAN**

Bahan yang dipergunakan pada penelitian ini adalah udara yang dipakai sebagai bahan dasar pembuatan oksigen yang diproduksi oleh PT Henrison Iriana Arar-Sorong di Papua..

Alat yang dipergunakan adalah kompresor tiga tingkat Model 4N 3BG-2.2 milik PT Henrison Iriana Arar-Sorong di Papua.

Variabel penelitian : dalam penelitian ini ada variabel terikat dan bebas. Variabel terikat adalah tekanan-tekanan antara,  $P_x = f(P_1, P_2)$  dan juga  $P_y = f(P_1, P_2)$  Sedangkan variabel bebasnya yaitu :  $P_1$ , kPa adalah tekanan udara pada saat memasuki kompresor tingkat pertama, dan  $P_2$ , kPa yaitu tekanan udara pada saat keluar dari kompresor tingkat ketiga.

Analisis data : data yang diperoleh tersebut di atas dianalisis dengan menggunakan persamaan kerja total persatuan massa (tenaga) untuk kompresor tiga tingkat yaitu :  $w$ , kJ/kg dan dengan mengetahui laju aliran massa udara yaitu :  $\dot{m}$ , kg/s maka dapatlah dihitung daya yaitu :  $\dot{W}$ , kW yang dibutuhkan oleh kompresor tiga tingkat tersebut.

Evaluasi dilakukan pada kondisi sebelum dan sesudah penurunan tekanan untuk kerja persatuan massa (tenaga) dan daya yang dibutuhkan oleh kompresor tersebut

**HASIL & PEMBAHASAN**

Pengambilan data yang dilakukan terhadap alat penelitian pada PT Henrison Iriana Arar di Sorong Papua. Sumber : Operating Instruction and Parts Lists for Rix Industries Oxygen Compressor Model 4N 3 BG – 2.2 yang adalah sebagai berikut a. Descriptive Data

- High pressure.
- Reciprocating.
- Three Stage Oxygen Compressor.
- Rix Industries Oxygen Oil Less.
- Function Characteristics dan Rate Output.
- Daya motor 3 HP atau 5 HP.
- Capacity 3.3 – 6.6 SCFM.
- Compressor Pressure 2000 – 2300 Psig.
- 400 – 10000 Rpm.
- 68 °F Oxygen Inlet Temperature.
- 25 Psig Inlet Pressure.
- Overall Dimension.
- Length : 13.5 inch.
- Width : 17.5 inch.
- Height : 16.5 inch.
- Normal Pressure Range.
- Suction : 5 – 25 Psig.
- First Stage : 110 – 240 Psig.
- Second Stage : 600 – 940 Psig.

- Third Stage : 2000 – 2300 Psig.

**Menentukan kerja per satuan massa udara.**

Pada saat sebelum terjadi penurunan tekanan.

Dari data didapat :

$$P_1 = 25 \text{ Psig} = 172,4 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 2300 \text{ Psig} = 15857,9 \text{ kPa.}$$

$$T_1 = 68 \text{ }^{\circ}\text{F} = (20 + 273)\text{K} = 293 \text{ K.}$$

$$R = 0,2870 \text{ kJ}/(\text{kg.K}).$$

$$P_x = (P_1^2 \cdot P_2)^{1/3} = 778,23 \text{ kPa}$$

$$P_y = (P_1 \cdot P_2^2)^{1/3} = 3512,98 \text{ kPa.}$$

Jadi :

$$w_{\text{kompresi}} = -462,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

Pada saat sesudah terjadi penurunan tekanan.

Dari data didapat :

$$P_1 = 5 \text{ Psig} = 34,5 \text{ kPa.}$$

$$P_2 = 2000 \text{ Psig} = 13789,5 \text{ kPa.}$$

$$R=0,2870\text{kJ}/(\text{kg.K}).$$

$$P_x = (P_1^2 \cdot P_2)^{1/3} = 254,13 \text{ kPa.}$$

$$P_y = (P_1 \cdot P_2^2)^{1/3} = 1872 \text{ kPa.}$$

jadi :

$$w_{\text{kompresi}} = -659,83 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

Pada saat sebelum terjadi penurunan tekanan pada kompresor tiga tingkat.

$$\dot{W} = \dot{m} \cdot w, \text{ kW}$$

di mana :

$$\dot{W} = \text{daya.yang.dibutuhkan.kompresor, kW.}$$

$$\dot{m} = \text{laju.aliran.massa.udara, kg/s.}$$

$$= 0,007903 \text{ kg} / \text{s} \dots (\text{diasumsikan}).$$

$$w = \text{kerja.persatuan.massa udara, kJ/kg}$$

$$= -465,2 \text{ kJ} / \text{kg}.$$

Jadi

$$\dot{W} = (0,007903 \text{ kg} / \text{s}) \cdot (-465,2 \text{ kJ} / \text{kg})$$

$$= -3,6765 \text{ kJ} / \text{s} \dots \text{atau} \dots -3,6765 \text{ kW.}$$

Pada saat sesudah terjadi penurunan tekanan pada kompresor tiga tingkat.

$$\dot{W} = \dot{m} \cdot w, \text{ kW}$$

di mana :

$$\dot{W} = \text{daya.yang.dibutuhkan.kompresor, kW.}$$

$$\dot{m} = \text{laju.aliran.massa.udara, kg/s.}$$

$$= 0,007903 \text{ kg} / \text{s} \dots (\text{diasumsikan}).$$

$$w = \text{kerja.persatuan.massa. udara., kJ/kg}$$

$$= -659,83 \text{ kJ} / \text{kg}.$$

Jadi

$$\begin{aligned}\dot{W} &= (0,007903 \text{ kg / s}) \cdot (-659,83 \text{ kJ / kg}) \\ &= -5,2146 \text{ kJ / s. atau. } -5,2146 \text{ kW}.\end{aligned}$$

Ternyata bahwa untuk mendapatkan laju aliran massa udara tersebut, sebesar 0,007903 kg/s maka daya yang dibutuhkan oleh kompresor tersebut harus ditingkatkan menjadi 5,2146 kW atau meningkat sebesar 1,418 kali daya yang dibutuhkan pada saat sebelum penurunan tekanan atau kenaikan sebesar 41,8 %.

Dengan demikian meningkatnya daya tersebut mengakibatkan meningkatkan biaya pengoperasian dan juga akhirnya meningkatkan juga harga jual, oksigen yang dihasilkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., 1992, " Termodinamika Teknik ", ITB, Bandung.
- Cengel, Y. A. & Boles, M. A., 1994, " Thermodynamics An Engineering Approach " , Second Edition, McGraw-Hill Inc, New York.
- Giles, R.V. dan Soemitro, H.W., 1993, " Mekanika Fluida dan Hidrolika ", Edisi Kedua (SI Metrik), Erlangga, Jakarta.
- Nanuru, W.H., 2006, " Analisis Proses Perpindahan Panas Pada Rix Industries Oxygen Compressor Model 4N 3BG-2.2 Akibat Penurunan Tekanan dan Temperatur ", Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon.
- Operating Instruction and Parts Lists for Rix Industries Oxygen Compressor Model 4N 3 BG – 2.2.
- Van Wylen, G.J. & Sonntag, R.E., 1986, Fundamentals of Classical Thermodynamics, English/SI Version, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, New York