

PENENTUAN BESAR DAYA MOTOR INDUKSI 3 FASA UNTUK PENGGERAK *CONVEYOR* DAN POMPA PADA PLTBS SEI MANGKEI

Fransisco Simanihuruk, Syamsul Amin
Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail : frans2580@yahoo.co.id

Abstrak

PLTBS merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan limbah sawit sebagai bahan bakarnya untuk menghasilkan uap yang bertekanan yang memutar turbin untuk menggerakkan rotor dari generator. Pada tulisan ini dibahas mengenai penentuan besar daya motor induksi 3 fasa untuk penggerak *conveyor* dan pompa pada PLTBS Sei Mangkei. Bahan bakar yang digunakan pada PLTBS Sei Mangkei saat ini adalah cangkang dan tandan kosong yang telah dicacah. Cangkang sawit dimasukkan dengan menggunakan *conveyor* yang diputar motor induksi menuju ruang pembakaran *boiler*. Motor induksi juga digunakan sebagai penggerak pompa air untuk kebutuhan air pada PLTBS. Motor induksi yang digunakan memiliki besar daya yang berbeda berdasarkan kebutuhan dari *conveyor* dan pompa itu sendiri. Sehingga diperlukan penentuan besar daya motor induksi 3 fasa untuk menggerakkan *conveyor* dan pompa pada PLTBS Sei Mangkei. Dengan menentukan besar dimensi dan banyaknya material yang akan diangkut oleh *conveyor* maupun debit air dan *head* pada pompa maka akan didapat motor yang berdaya berapa cocok sebagai penggerakannya. Pada perhitungan diperoleh hasil daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan *Screw Conveyor* adalah 4KW. Daya motor yang diperlukan untuk untuk memompa air adalah 12,5KW, 75KW, dan 110KW.

Kata Kunci : motor induksi, *screw conveyor*, pompa air

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) merupakan salah satu pembangkit listrik yang sedang dikembangkan di Indonesia dikarenakan sumbernya yang merupakan energi terbarukan. Dalam hal ini sumber energi terbarukan yang digunakan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit adalah limbah dari hasil pengolahan kelapa sawit berupa cangkang dan tandan kosong. Sumber bahan bakar ini biasanya didatangkan dari Pabrik Kelapa Sawit. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) Sei Mangkei yang telah dibangun, didesain dengan dua sistem pembangkit (2 x 3,5 MW). Sistem pembangkit dibuat paralel, sehingga jika salah satu pembangkit tidak beroperasi atau ada masalah maka pembangkit yang lain masih tetap dapat memberikan suplai listrik.

Pada PLTBS Sei Mangkei motor induksi banyak digunakan salah satunya untuk menggerakkan *conveyor* untuk mengantar cangkang sebagai bahan bakar ke *boiler*. Motor

induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada perindustrian. Motor induksi tiga fasa memiliki keluaran daya berbeda-beda berdasarkan besar daya yang diperlukan beban. Pada PLTBS ini besarnya daya yang dihasilkan dari generatornya mempengaruhi banyaknya cangkang sawit sebagai bahan bakar yang digunakan dalam satuan waktu tertentu. Banyaknya cangkang yang akan di pindahkan akan mempengaruhi penentuan besar dari conveyor itu sendiri. *Conveyor* dengan besar berbeda-beda membutuhkan daya dari motor induksi yang berbeda-beda juga untuk menggerakannya.

Pada PLTBS digunakan air untuk dijadikan uap untuk menggerakkan turbin uap yang menggerakkan generator. Pompa juga digunakan untuk mengalirkan air pendingin yang bekerja di kondensor untuk mengubah uap air menjadi air dan untuk mengalirkan air yang terkondensasi menuju demin tank. Pengadaan air ini dilakukan dengan melakukan pemompaan untuk memindahkan air dari satu tempat ketempat lain dengan selisih tinggi atau tekanan dari keduanya dengan menggunakan

pompa yang diputar oleh motor induksi yang besar dayanya bergantung dari kebutuhan volume air dan selisih dari ketinggian dan tekanan untuk perpindahan zat cairnya. Zat cair yang dipompakan dengan motor pompa adalah air yang digunakan sebagai pendingin dan kebutuhan *boiler*.

2. Tinjauan Pustaka

Motor induksi 3 fasa adalah mesin yang mengubah energi listrik arus bolak-balik (AC) 3 fasa menjadi energi mekanis berupa putaran. Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik(AC) yang paling luas penggunaannya dan dapat dijumpai dalam setiap aplikasi industri maupun rumah tangga. Sesuai dengan penamaannya arus rotor dari motor induksi ini diperoleh dari arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan arus stator. Motor induksi memiliki konstruksi yang kuat, sederhana, serta berbiaya murah dalam perawatannya. Motor induksi memiliki efisiensi yang tinggi saat berbeban penuh. Akan tetapi jika dibandingkan dengan motor DC, motor induksi memiliki kelemahan dalam pengaturan kecepatan. Pada motor DC pengaturan kecepatan lebih mudah dilakukan dari motor induksi. Motor induksi terdiri dari 2 komponen utama yaitu rotor dan stator. Bagian yang bergerak merupakan rotor dan bagian yang tidak bergerak atau diam disebut stator. Terdapat celah udara antara rotor dan stator yang jaraknya kecil.

Pembangkit Listrik Tenaga Biomasa Sawit (PLTBS) Sei Mangkei yang telah dibangun, didesain dengan dua sistem pembangkit (2 x 3,5 MW). Pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbahan bakar biomassa sawit secara keseluruhan, di dalamnya terdapat mesin-mesin dan peralatan yang di mana setiap peralatannya dikelompokkan dalam unit-unit berdasarkan kegunaannya. Unit-unit utama yang menyusun PLTBS terdiri dari :

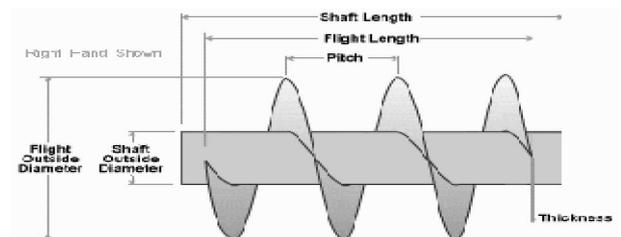
- a. Unit persiapan bahan bakar
- b. Unit pembangkit uap (*boiler*)
- c. Unit pengolahan air umpan *boiler*
- d. Unit produksi tenaga gerak dan listrik (turbin)
- e. Unit pendingin (*cooling tower*)

2.1. Conveyor

Conveyor merupakan alat pengangkut yang banyak digunakan dalam industri. Dalam industri banyak jenis alat pengangkut yang digunakan untuk memindahkan atau mengangkut barang, seperti *Screw conveyor*, *Belt conveyor*, *Vibrating conveyor*, dan *Bucket conveyor*. Guna alat pengangkut ini adalah untuk mempermudah dalam proses pemindahan suatu bahan. Pemilihan alat transportasi (*conveying equipment*) material padat tergantung pada :

1. Kapasitas material yang ditangani.
2. Jarak perpindahan material.
3. Kondisi pengangkutan : horizontal atau vertikal.
4. Ukuran (*size*), bentuk (*shape*), dan sifat material (*properties*).

Conveyor yang paling sering digunakan untuk mengangkut bahan padat berbentuk halus dalam industri adalah konveyor sekrup (*screw conveyor*). *Screw conveyor* seperti pada Gambar 1 terbuat dari pisau yang berpilin mengelilingi sumbu sehingga terlihat seperti sekrup yang berpilin. Pisau pada *screw conveyor* disebut sebagai *flight*.



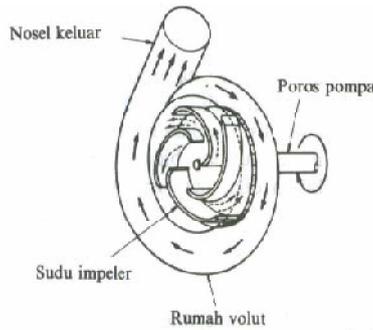
Gambar 1 *Screw conveyor*

2.2 Pompa

Pompa adalah suatu alat mesin yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan secara terus menerus. Pompa pada umumnya terdiri dari beberapa jenis seperti pompa *gear* (pompa gigi), pompa baling-baling, pompa piston, dan pompa sentrifugal.

Pompa sentrifugal seperti pada Gambar 2 adalah pompa yang memanfaatkan impeler yang berputar untuk menghisap dan mengeluarkan fluida yang akan dipompa. Zat cair yang ada pada

impeler akan berputar karena dorongan sudu yang



menghisapnya. Karena adanya gaya sentrifugal yang dihasilkan impeler sehingga zat cair tadi meninggalkan impeler dengan kecepatan tinggi. Pada proses pengisapan terjadi ketika impeler kosong menyebabkan ruangnya vakum sehingga zat cair akan terhisap masuk lagi.

Gambar 2 Pompa sentrifugal

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLTBS Sei Mangkei, Perdangangan, Sumatera Utara.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengumpulan data melalui pengukuran pada PLTBS Sei Mangkei. Data-data yang dikumpulkan dianalisa menggunakan analisis matematis dengan melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku dalam mencari besar daya motor induksi 3 fasa yang digunakan untuk menggerakkan *conveyor* dan pompa air.

Pada perhitungan besaran beban *conveyor* daya beban *conveyor* dihitung dengan Persamaan 1.

$$P_{out} = P_H + P_N + P_{st} \quad (1)$$

Dimana,

P_H = Daya yang dibutuhkan untuk memindahkan material secara mendatar

P_N = Daya yang dibutuhkan untuk memutar *screw conveyor* tak berbeban

P_{st} = Daya yang dibutuhkan untuk *screw conveyor* yang memiliki kemiringan

Dalam penentuan daya yang dibutuhkan untuk memindahkan material secara mendatar dapat digunakan Persamaan 2.

$$P_H = \frac{Mf \times L \times \lambda}{367} \text{ (KW)} \quad (2)$$

Daya yang dibutuhkan untuk memutar *screw conveyor* tak berbeban ditentukan menggunakan Persamaan 3.

$$P_N = \frac{D \times L}{20} \text{ (KW)} \quad (3)$$

Penentuan daya yang dibutuhkan untuk *screw conveyor* yang memiliki kemiringan menggunakan Persamaan 4.

$$P_{st} = \frac{Mf \times H}{367} \text{ (KW)} \quad (4)$$

Efisiensi motor penggerak *conveyor* ditentukan dengan menggunakan Persamaan 5.

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{beban})}{P_{in \text{ motor}}} \times 100\% \quad (5)$$

Adapun perhitungan besar beban pompa digunakan Persamaan 6.

$$\text{Daya Output (WHP)} = Q \times H \times \rho \times g \quad (6)$$

Efisiensi pompa tergantung dari jenis pompa dan kerja yang diberikan kepada pompa.

Daya masukkan motor induksi yang digunakan untuk pompa dan *conveyor* (P_{in}) pada persamaan 7

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (7)$$

Dalam pemilihan daya motor induksi di PLTBS ini digunakan pembagian daya dengan 70% seperti pada persamaan 8 untuk mendapatkan daya motor induksi yang bekerja pada daerah maksimum (60%-80% daya maksimum). Sehingga daya yang dibutuhkan masing-masing *conveyor* adalah

$$P = \frac{P_{in \text{ motor}}}{0,7} \quad (8)$$

4. Pengukuran Dan Hasil

4.1. Perhitungan Daya Motor Untuk Kerja Conveyor

Dari hasil pengukuran yang dilakukan maka diperoleh data untuk *conveyor* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Data hasil pengukuran panjang, diameter, ketinggian dan volume cangkang dari masing-masing *screw conveyor*

No	Panjang (m)	Diame ter (m)	Tinggi (m)	Volume perjam (T/hr)
1	18,4	0,43	0	7,5
2	16	0,43	2,5	7,5
3	30	0,43	3,2	3,75
4	31,5	0,43	3,1	3,75

Tabel 2. Data hasil pengukuran tegangan masuk(V), arus masuk(I), dan faktor daya(cos ϕ)

No	Tegangan(V)	Arus(I)	Faktor daya(cos ϕ)
1	400	5	0,81
2	400	4,7	0,8
3	400	4,9	0,8
4	400	4,8	0,81

Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan besar daya motor 3 fasa pada masing-masing conveyor seperti perhitungan di bawah ini.

1. Conveyor 1

$$P_{out} = \frac{Mf((L \times \lambda) + H)}{367} + \frac{D \times L}{20}$$

$$= \frac{(7,5((18,4 \times 4) + 0))}{367} + \frac{0,43 \times 18,4}{20}$$

$$= 1,89 \text{ Kilowatt}$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_x I \times \cos \phi$$

$$= 690 \times 5 \times 0,81$$

$$= 2,8 \text{ KW}$$

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{beban})}{P_{in \text{ motor}}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,89}{2,8} \times 100\%$$

$$= 68\%$$

$$P = P_{in \text{ motor}} : 0,7$$

$$= 2,8 : 0,7$$

$$= 4 \text{ KW}$$

2. Conveyor 2

$$P_{out} = \frac{Mf((L \times \lambda) + H)}{367} + \frac{D \times L}{20}$$

$$= \frac{(7,5((16 \times 4) + 2,5))}{367} + \frac{0,43 \times 16}{20}$$

$$= 1,703 \text{ Kilowatt}$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_x I \times \cos \phi$$

$$= 690 \times 4,7 \times 0,8$$

$$= 2,6 \text{ KW}$$

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{beban})}{P_{in \text{ motor}}} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1,703}{2,6}\right) \times 100\%$$

$$= 70\%$$

$$P = P_{in \text{ motor}} : 0,7$$

$$= 2,6 : 0,7$$

$$= 3,72 \text{ KW}$$

$$\approx 4 \text{ KW}$$

Cara perhitungan pada conveyor 1 dan 2 diulang untuk mendapatkan daya motor untuk conveyor 3 dan 4 seperti yang tertera pada Tabel 1 dan 2 sehingga diperoleh hasil daya motor seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Data daya output, daya input, daya terpasang, dan daya perhitungan

No	Daya output (KW)	Daya input (KW)	Daya terpasang (KW)	Daya perhitungan (KW)
1	1,89	2,8	5,5	4
2	1,703	2,6	4	4
3	1,71	2,7	4	4
4	1,81	2,9	4	4

Dari hasil perhitungan dalam Tabel 3 diperoleh daya yang tidak sesuai yang terpasang yaitu kelebihan daya pada motor conveyor 1. Daya yang terpasang adalah 5,5 KW dan daya hasil perhitungan adalah 4 KW.

4.2. Perhitungan Daya Motor Untuk Kerja pompa

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada lokasi PLTBS guna menentukan besar daya motor induksi untuk pompa air diperoleh data pada Tabel 4 dan Tabel 5 berupa debit, tekanan, massa jenis, gravitasi, tegangan masuk, arus, dan faktor daya.

Data ini merupakan data dari pompa air dan data motor induksi yang digunakan.

Tabel 4 data debit air, *head*, massa jenis air, dan gravitasi dari pompa-pompa

no	Debit (m ³ /hr)	Head (m)	Massa jenis (Kg/m ³)	Gravitasi (m/s ³)
1	20,4	500	1000	9,8
2	17,6	120	1000	9,8
3	170	100	1000	9,8

Tabel 5 data motor induksi untuk kerja pompa berupa tegangan, arus, dan faktor daya

no	Tegangan (V)	Arus (I)	Faktor daya (cos ϕ)
1	400	73	0,85
2	400	14	0,86
3	400	120	0,8

Berdasarkan data-data yang diperoleh di atas, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan besar daya motor induksi 3 fasa sebagai berikut

1. Pompa 1

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000 \times 3600} \\ &= \frac{20,4 \times 500 \times 1000 \times 9,8}{1000 \times 3600} \\ &= 28 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \\ &= 690 \times 73 \times 0,85 \\ &= 42,8 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{\text{out}}(\text{beban})}{P_{\text{in}}(\text{motor})} \times 100\% \\ &= \frac{28}{42,8} \times 100\% \\ &= 65\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{in}}(\text{motor}) : 0,7 \\ &= 42,8 : 0,7 \\ &= 61,1 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\approx 75 \text{ KW}$$

2. Pompa 2

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000 \times 3600} \\ &= \frac{17,6 \times 120 \times 1000 \times 9,8}{1000 \times 3600} \\ &= 5,8 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \\ &= 690 \times 14 \times 0,86 \\ &= 8,3 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{\text{out}}(\text{beban})}{P_{\text{in}}(\text{motor})} \times 100\% \\ &= \frac{5,8}{8,3} \times 100\% \\ &= 70\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{in}}(\text{motor}) : 0,7 \\ &= 8,3 : 0,7 \\ &= 11,9 \text{ KW} \\ &\approx 12,5 \text{ KW} \end{aligned}$$

Cara perhitungan seperti pompa 1 dan pompa 2 diulang kembali dengan memakai data pompa 3 seperti yang tertera pada Tabel 4 dan 5 sehingga diperoleh hasil besar daya motor yang digunakan dalam menjalankan pompa seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 WHP(KW), daya input(KW), daya terpasang(KW), dan daya terhitung(KW).

no	WHP (KW)	Daya input (KW)	Daya terpasang (KW)	Daya terhitung (KW)
1	2,8	42,8	75	75
2	5,8	8,3	12,5	12,5
3	66,24	66,24	110	110

Motor induksi 3 fasa untuk kerja pompa air pada PLTBS Sei Mangkei bekerja pada efisiensi mendekati 70%. Besarnya debit air dan tekanan (*head*) untuk kebutuhan air pada pompa mempengaruhi besar daya motor yang digunakan. Penggunaan motor pada pompa air di PLTBS Sei Mangkei sesuai dengan daya motor hasil perhitungan.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian/perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam penentuan besar daya motor untuk kerja *conveyor* dalam hal ini *screw conveyor* ditentukan oleh besarnya panjang, lebar, perbedaan kemiringan dari *screw conveyor*, dan banyaknya material yang akan diangkut *conveyor*.
2. Besarnya debit air dan *head* untuk kebutuhan air pada pompa mempengaruhi daya motor yang digunakan pada pompa PLTBS Sei mangkei.
3. Daya motor yang digunakan untuk memutar *screw conveyor* adalah 4KW, untuk memutar pompa adalah 75KW, 12,5KW, dan 110KW.
4. Pada motor *conveyor* nomor 1 terjadi kelebihan besar daya motor yang digunakan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Lister Eugene c, "*Mesin dan Rangkaian Listrik*", Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta,1988.
- [2] Fransisco,dkk,"*Laporan Kerja Peraktek di PLTBS Sei Mangkei*", Medan, 2013.
- [3]Edahwati,Luluk,"*Alat Industri Kimia*",UPN Press, Surabaya, 2009.
- [4] Parr Andrew, "*Hidrolika dan Pneumatika Pedoman Bagi Teknisi dan Insinyur* ", Erlangga, Jakarta, 2003.
- [5] Austine Gbasouzor Ikechukwu& Keneddy Owuama Chinedu,"*Design and Characterization of a Model Polythene Recycling Machine for Economic Development and Pollution Control in Nigeria*", Nigeria, 2013.
- [6] Pratama Aditasa," *Studi Penentuan Kapasitas Motor Listrik Untuk Pendingin dan Penggerak Pompa Air High Pressure Pengisi Boiler Untuk Melayani Kebutuhan Air Pada PLTGU Blok III (PLTG 3x 112 MW & PLTU 189 MW) Unit Pembangkit Gresik*", ITS, Surabaya, 2009.
- [7]NEP,"Pompa dan Sistem Pemompaan ",2006.