

## Fan Driver Replacement pada Fraksinotor Sistem Hydrocracking

Zaki Anwar<sup>1\*</sup>, Abrar Ridwan<sup>2</sup>, Legisnal Hakim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau  
Jl. Tuanku Tambusai Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia.

\*Corresponding author: [zaki24anwar@gmail.com](mailto:zaki24anwar@gmail.com)

### Abstract

*This research examines the shift from steam turbines to electric motors for powering the fan drive in a hydrocracking unit's fractionator. While steam turbines have traditionally been valued for their high power output and versatility, they come with significant downsides, such as oil and steam leakage, complex maintenance needs, and low reliability due to wear and tear. Additionally, their long startup times can hinder productivity. To address these issues, the study evaluated the use of electric motors as an alternative. The findings revealed that electric motors, three-phase induction model such as the ILA7 131 and ILA7 166, offer benefits like simpler maintenance, higher reliability, and faster startup times. By adjusting the gear transmission ratio to 8.26 and 13.36, these motors can effectively meet the necessary fan torque and performance requirements, thereby improving the overall efficiency and reliability of the hydrocracking unit.*

**Keywords:** electric motor, steam turbine, fan, gear transmission, retrofit

### Abstrak

Penelitian ini mempelajari tentang pergantian dari turbin uap ke motor listrik untuk menggerakkan kipas di fraksinotor unit *hidrocracking*. Meskipun turbin uap secara umum dinilai lebih baik karena keluaran daya yang tinggi dan fleksibilitasnya, mereka memiliki kekurangan signifikan, seperti kebocoran minyak dan uap, kebutuhan pemeliharaan yang kompleks, dan keandalan yang rendah akibat aus. Selain itu, waktu startup yang lama dapat menghambat produktivitas. Untuk mengatasi masalah ini, studi ini mengevaluasi penggunaan motor listrik sebagai alternatif. Temuan menunjukkan bahwa motor listrik, model induksi tiga fase seperti ILA7 131 dan ILA7 166, menawarkan keuntungan seperti pemeliharaan yang lebih mudah, keandalan yang lebih tinggi, dan waktu *startup* yang lebih cepat. Dengan menyesuaikan rasio transmisi gigi menjadi 8,26 dan 13,36, motor-motor ini dapat secara efektif memenuhi kebutuhan torsi kipas dan kebutuhan kinerja yang diperlukan, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan keseluruhan unit hidrokraking.

**Kata kunci:** motor listrik, turbin uap, kipas, transmisi gigi, retrofit

## 1. Pendahuluan

Pemisahan dalam fraksinotor terjadi dengan menurunkan temperatur hasil reaksi menggunakan udara yang dipaksa bergerak (*forced convection*) dari *fan* dengan penggerak *steam turbine* [1]. *Steam turbine* pada PT XYZ sering mengalami kegagalan berulang, termasuk kebocoran minyak yang mengakibatkan kontak logam dengan logam antara poros dengan bantalan penyangga dan kebocoran uap yang memerlukan pasokan uap tambahan untuk mencapai kondisi operasi. Turbin uap juga memiliki reliabilitas yang rendah, memerlukan waktu lama untuk dimulai sehingga mencapai kondisi operasional, dan memiliki lead time yang tinggi untuk suku cadang [2].

penggerak utama fan pada fraksinotor memiliki beberapa kelemahan mendasar. Selain tingkat keandalan yang rendah akibat frekuensi pemeliharaan yang tinggi, kebocoran minyak yang sering terjadi juga berpotensi mencemari lingkungan kerja. Di sisi lain, motor induksi listrik menawarkan efisiensi yang lebih tinggi serta emisi nol, menjadikannya pilihan yang ramah lingkungan sekaligus ekonomis untuk operasi jangka panjang di sektor migas[3].

Maka dari itu, akan dilakukan penggantian penggerak *fan* dengan motor listrik. Perawatan motor listrik lebih sederhana karena memiliki sedikit komponen bergerak, dan perawatannya jarang dilakukan [4]. Motor listrik juga

memiliki waktu *startup* yang lebih singkat. Oleh karena itu, motor listrik dipilih sebagai alternatif untuk menggantikan *steam turbine* sebagai penggerak fan. Akan dilakukan perhitungan dan penentuan spesifikasi mekanikal motor listrik dan *gearbox* yang akan digunakan

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif, dengan pengumpulan data melalui studi lapangan pada sistem *hydrocracking* di sebuah perusahaan migas. Informasi yang dikumpulkan berasal dari beberapa sumber terkait, termasuk *datasheet* dari peralatan, data operasional, dan data kerusakan peralatan yang telah disediakan oleh perusahaan.

Analisis dilakukan dengan menggunakan Hukum Fan untuk menganalisis perubahan kecepatan dan torsi fan, serta menghitung efisiensi gearbox berdasarkan daya input dan output. Perhitungan performa fan dan torsi dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti Excel, untuk membandingkan kondisi existing dengan kondisi setelah retrofit. Hasil perhitungan divalidasi dengan membandingkan dengan spesifikasi pabrikan guna memastikan akurasi hasil yang diperoleh.

### 2.1 Motor Listrik

Motor listrik adalah sebuah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [5]. Prinsip kerjanya didasarkan pada induksi elektromagnetik, di mana penghantar yang membawa arus mengalami gaya dalam kehadiran medan magnet. Motor listrik digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti mesin industri, peralatan rumah tangga, dan kendaraan listrik [6].

Prinsip kerja motor listrik didasarkan pada hukum elektromagnetik, di mana arus listrik yang mengalir melalui penghantar dalam medan magnet menghasilkan gaya yang menyebabkan penggerakannya [7]. Terdapat berbagai jenis motor listrik, namun prinsip dasar ini umumnya berlaku untuk semua jenis.

Sebagai contoh, motor induksi tiga fasa menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk menghasilkan gerakan [8].

### 2.2 Motor Induksi

Kumparan rotor pada motor induksi tidak menerima energi listrik secara langsung tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada kumparan transformator (alat yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf tegangan lainnya) [9]. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari konstruksinya yang sederhana dan kuat, harganya yang relatif murah, maka motor induksi, umumnya tiga fasa, sangatlah cocok dan paling banyak digunakan di dalam bidang industri [10]. Motor induksi bekerja dengan memanfaatkan medan magnet yang berputar pada stator [11].

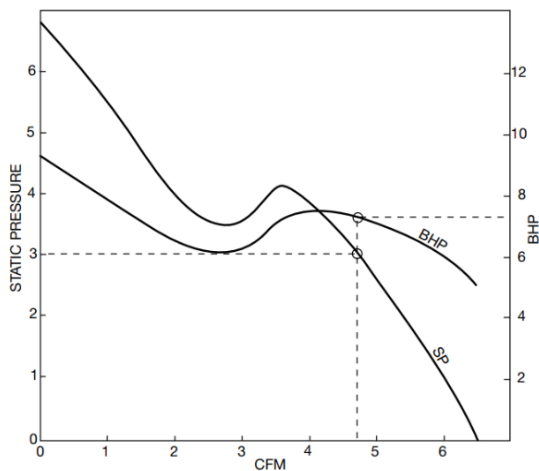
### 2.3 Fan

Fan adalah perangkat mekanis berputar yang berfungsi untuk menggerakkan udara, gas, dan uap. Ada berbagai jenis fan, mulai dari yang kecil digunakan untuk mendinginkan perangkat elektronik seperti komputer hingga fan besar untuk ventilasi di bangunan besar [11]. Umumnya, fan beroperasi pada kecepatan putar yang rendah tetapi mampu mengalirkan volume gas yang besar. Meskipun fan mengalirkan gas, perubahan massa jenis gas diabaikan, dan analisis alirannya didasarkan pada konsep aliran incompressible [12].

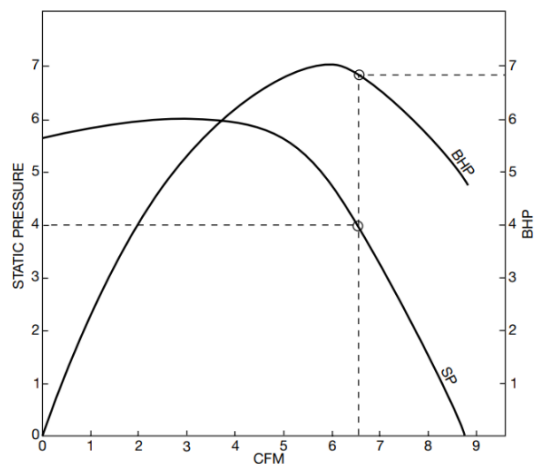
### 2.4 Kurva Karakteristik Fan

Kurva yang umum digunakan menunjukkan hubungan antara peningkatan tekanan (*pressure rise*) dan laju aliran volume (*volume flow rate*) pada kecepatan putar impeller yang tetap. Tekanan diukur dalam *total pressure* (TP) atau *static pressure* (SP), sedangkan laju aliran volume dalam CFM (*Cubic Feet per Minute*). Kurva ini diperoleh melalui uji laboratorium sesuai standar AMCA 210, dari "*no flow*" hingga "*full flow*". Data yang diperoleh digunakan untuk membuat plot SP dan CFM, serta menentukan tenaga

operasional (BHP). Kurva karakteristik kipas dapat mencakup kurva BHP untuk melengkapi kurva "pressure-volume".

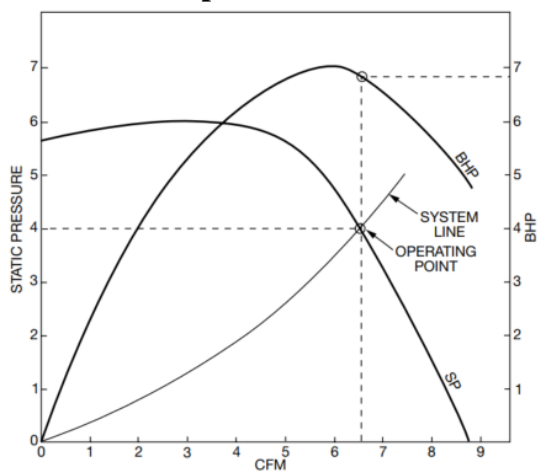


Gambar 1. Kurva karakteristik fan



Gambar 2. Backward Inclined Centrifugal Fan

### 2.5 Titik Operasi



Gambar 3. Titik Operasi pada Fan Sentrifugal

Titik operasi (titik desain) adalah ketika fan dan sistem mencapai

keseimbangan pada kondisi *pressure rise* (SP) atau *Volumetric flow rate* (CFM). Titik operasi ini terjadi ketika kurva karakteristik SP/CFM fan bersilangan dengan kurva karakteristik *pressure loss/flow rate* sistem.

Dengan pemahaman bahwa fan harus beroperasi sesuai dengan karakteristik sistem dan juga menyadari bahwa memperkirakan kinerja fan pada kecepatan putar yang berbeda memungkinkan, maka kinerja fan dapat dihitung menggunakan prinsip-prinsip hukum fan sebagai berikut.

$$CFM_2 = \frac{RPM_2}{RPM_1} \times CFM_1 \quad (1)$$

$$SP_2 = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^2 \times SP_1 \quad (2)$$

$$BHP_2 = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^3 \times BHP_1 \quad (3)$$

CFM adalah aliran udara, RPM adalah kecepatan putar, dan BHP adalah daya Brake Horsepower yang diukur dengan *brake type dynamometer*. Penggambaran grafik "operating line" dapat menunjukkan *operating line* untuk berbagai kecepatan putar fan.

### 2.6 Gearbox

*Gearbox* atau transmisi merupakan komponen yang mengalirkan dan mengubah energi dari satu mesin ke mesin lainnya. Gearbox memiliki peran vital dalam industri atau mesin karena mampu memperlambat kecepatan putaran dari sumber energi dan meningkatkan torsi yang dihasilkan [14]. Dua fungsi utama *gearbox* adalah memperlambat putaran dan meningkatkan torsi, yang dapat dijelaskan melalui persamaan berikut ini:

$$P = T \times N \quad (4)$$

Dimana

P = Daya (W)

T = Torsi (Nm)

N = kecepatan putar (rad/s)

### 2.7 Gear Transmission Ratio

*Gear transmission ratio* atau rasio transmisi gigi adalah perbandingan

kecepatan putar antara dua gigi yang saling berhubungan [15]. Gigi-gigi tersebut memiliki diameter yang berbeda yang menyebabkan kecepatan shaft untuk setiap gigi menjadi berbeda. Hubungan antara kecepatan putar dan torsi pada gigi-gigi dengan diameter yang berbeda adalah sebagai berikut:

$$T_o = T_i \times r \times \mu \quad (5)$$

$$N_o = \frac{N_i}{r} \quad (6)$$

Dengan menggunakan notasi subskrip "o" untuk output dan "i" untuk input, serta simbol  $\mu$  untuk efisiensi gearbox, dapat dinyatakan persamaan daya untuk output berdasarkan persamaan 5 sebagai berikut:

$$P_o = T_o \times N_o = T_i \times r \times \mu \times \frac{N_i}{r} = T_i \times N_i \times \mu \quad (7)$$

Daya output akan sama dengan daya input ketika efisiensi gearbox sama dengan 100%.

## 2.8 Turbin Uap

Turbin uap adalah perangkat yang menggunakan energi panas dari uap bertekanan untuk mengoperasikan mekanisme pada poros yang berputar [16]. Prinsip kerjanya melibatkan perubahan energi termal menjadi energi kinetik, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik [17]. Biasanya, turbin uap terhubung langsung dengan generator, yang dikenal sebagai steam turbine generator [18].

## 2.9 Fraksinasi

Fraksinasi minyak bumi merupakan proses pemisahan komponen-komponen dalam minyak bumi berdasarkan perbedaan titik didihnya [18]. Proses ini bergantung pada kemampuan minyak bumi untuk dipanaskan hingga berubah menjadi fase uap, yang memiliki karakteristik berbeda dibandingkan dengan fase cair. Metode ini mirip dengan distilasi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Dapat dilihat pada tabel 1 data laju aliran udara dan static pressure fan A adalah sebesar 21,55 m<sup>3</sup>/s dan 12,68 mmwg

dengan kecepatan putar konstan 353 RPM, serta daya pada fan sebesar 6,1 HP.

Tabel 1. Tabel data fan A

Item		Fan A
Data	Type	7 PFT 6
	Number of fans	6
	Blade Adjustments	Manual
	Air density (kg/m <sup>3</sup> )	1.149
Data operasional	Air rate (m <sup>3</sup> /s)	21.55
	Static pressure (mmwg)	12.68
	Kecepatan putar (RPM)	353
	Static efficiency (%)	60
	Konsumsi daya pada fan shaft (hp)	6.1
	Blade angle design (°)	11.5

Tabel 2. Data fan B

Item		Fan B
Data	Type	12 PFT 6
	Number of fans	8
	Blade Adjustments	Manual
	Air density (kg/m <sup>3</sup> )	1.149
Data operasional	Air rate (m <sup>3</sup> /s)	60.66
	Static pressure (mmwg)	11.64
	Kecepatan putar (RPM)	220
	Static efficiency (%)	60
	Konsumsi daya pada fan shaft (hp)	15.7
	Blade angle design (°)	11

Tabel 3. Data steam turbine A

Item		Steam Turbine A
Service	Driven equipment	Net diesel cooler fan turbine Air cooler fan (forced draught)
	Manufacturer	-
	Model	-
	Year	-
Operating Condition	Power rated (hp)	9
	Speed rated (RPM)	3371
Gear	Furnished by	-
	Type	-
	Ratio	9.5
Base dimension	Length (mm)	2686.0
	Width (mm)	990.6
	Height (mm)	980.9
	Shaft Height (mm)	406.4
Gearbox	Length (mm)	574.5

Dapat dilihat pada tabel 2, laju aliran udara dan static pressure fan B

adalah sebesar 60,6 m<sup>3</sup>/s dan 11,64 mmwg dengan kecepatan putar konstan 220 RPM, serta daya pada fan sebesar 15,7 hp.

Tabel 4. Data steam turbine B

Item		Steam Turbine B
Service		Net heavy kerosene cooler fan turbine
Driven equipment		Air cooler fan (forced draught)
Manufacturer		-
Model		-
Year		-
Operating Condition	Power rated (hp)	21
	Speed rated (RPM)	3302
Gear	Furnished by	-
	Type	-
	Ratio	15
Base dimension	Length (mm)	2413
	Width (mm)	990.6
	Height (mm)	980.9
	Shaft Height (mm)	406.4
Gearbox	Length (mm)	670.1

Berdasarkan tabel 3, steam turbine berputar pada 3371 RPM dan menghasilkan 9 hp. Steam turbine A menggunakan gearbox dengan gear transmission ratio 9,5. Sehingga, fan A akan berputar pada 1/9,5 dari kecepatan steam turbine A dan menerima torsi 9,5 kali lebih besar dari steam turbine A. Gear transmission ratio sebesar 9,5 berarti gearbox mengurangi kecepatan putar fan menjadi 1/9,5 dari kecepatan steam turbine (3371 RPM menjadi 354,84 RPM). Pada saat yang sama, torsi fan meningkat 9,5 kali lipat dibandingkan torsi yang dihasilkan steam turbine, sesuai prinsip kekekalan daya [21]. Dengan daya konstan, pengurangan kecepatan putar ( $N$ ) menyebabkan peningkatan torsi ( $T$ ) secara langsung, sehingga fan dapat menghasilkan aliran udara besar meskipun beroperasi pada kecepatan rendah. Prinsip ini memungkinkan gearbox menyesuaikan

daya dari steam turbine agar sesuai dengan kebutuhan operasional fan [22].

Dari data dalam tabel 4, terlihat bahwa steam turbine berputar pada 3302 RPM dan menghasilkan daya sebesar 21 hp. Turbin B dilengkapi dengan gearbox yang memiliki gear transmission ratio sebesar 15. Hal ini menyebabkan kecepatan putar fan B menjadi 1/15 dari kecepatan putar steam turbine B, dan torsi yang diterima fan B menjadi 15 kali lebih besar dari torsi yang dihasilkan oleh steam turbine B. Gear transmission ratio sebesar 15 pada steam turbine B menurunkan kecepatan putar fan menjadi 1/15 dari kecepatan steam turbine (3302 RPM menjadi 220,13 RPM). Prinsip kekekalan daya menyatakan bahwa daya ( $P$ ) konstan, sehingga penurunan kecepatan rotasi ( $N$ ) akan meningkatkan torsi ( $T$ ) secara proporsional [21]. Dengan demikian, gearbox meningkatkan torsi fan B hingga 15 kali lipat, memastikan fan dapat menghasilkan aliran udara besar dengan kecepatan rendah sesuai kebutuhan operasional.

### 3.1 Analisis Kondisi dengan Motor Listrik dan Gearbox Existed

Tabel 5. Data spesifikasi motor induksi 3 fasa tipe seri ILA7 131

Type Series	ILA7 131	
Rated power (kW)	7.5	
Rated torque (Nm)	24	
Rated speed (rpm)	2930	
Efficiency (%)	88	
Weight (kg)	49	
Poles	2	
Frame Size	132 S	
Length (mm)	453.5	
Base Dimension	Width (mm)	256
	Height (mm)	299
	Shaft Height (mm)	132

Untuk menggantikan penggerak fan A dan B, motor listrik dengan rated power yang sama atau lebih tinggi dari steam turbine dicari. Steam turbine A dan B memiliki daya terpasang masing-masing 9 hp dan 21 hp, setara dengan 6,7 kW dan

15,7 kW. Berdasarkan gambar 1, dipilih motor induksi seri ILA7 131 dan ILA7 166 dengan rated power berturut-turut 7,5 kW dan 18,5 kW, setara dengan 10 hp dan 24,8 hp, sebagai pengganti steam turbine. Data motor induksi dirangkum sebagai mana tabel 5.

Tabel 6. Data spesifikasi motor induksi 3 fasa tipe seri ILA7 166

Type Series	ILA7 166
Rated power (kW)	18.5
Rated torque (Nm)	60
Rated speed (rpm)	2940
Efficiency (%)	91
Weight (kg)	93
Poles	2
Frame Size	160 L
Length (mm)	588
Base Width (mm)	300
Dimension Height (mm)	357
Shaft Height (mm)	160

Dengan memanfaatkan informasi dari tabel data fan A dan spesifikasi motor induksi 3 fasa tipe seri ILA7 131, serta menggunakan persamaan yang telah dibahas sebelumnya, langkah-langkah perhitungan untuk menentukan kinerja fan A dengan motor induksi 3 fasa dan gearbox existing adalah sebagai berikut,

$$RPM_{fan} = \frac{RPM_{motor}}{gear\ transmission\ ratio}$$

$$= \frac{2930}{9,5}$$

$$= 308,421\ rpm$$

Menggunakan fan laws,

$$1. CFM_2 = \frac{RPM_2}{RPM_1} \times CFM_1$$

$$= \frac{2930}{3371} \times 21,55 \frac{m^3}{s} \times 2118,88 \frac{CFM}{m^3/s}$$

$$= 39688,3\ CFM$$

$$= 18,73\ m^3/s$$

$$2. SP_2 = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^2 \times SP_1$$

$$= \left(\frac{2930}{3371}\right)^2 \times 12,68\ mmwg \times \frac{1}{25,4}\ \frac{inwg}{mmwg}$$

$$= 0,377\ inwg$$

$$= 9,57\ mmwg$$

$$3. BHP_2 = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^3 \times BHP_1$$

$$= \left(\frac{2930}{3371}\right)^3 \times 6,1\ hp$$

$$= 4,0\ hp$$

Efisiensi gearbox dapat dihitung dengan mengasumsikan bahwa daya BHP sebesar 6,1 hp pada kondisi pra-peningkatan adalah daya yang diteruskan oleh gearbox ke fan. Hasil dari perhitungan menunjukkan efisiensi gearbox sebagai berikut, Dengan menggunakan rumus yang telah disajikan sebelumnya dan memperhitungkan efisiensi gearbox, dapat dipastikan torsi yang perlu dihasilkan oleh

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

$$= \frac{9}{6,1} \times 100\%$$

$$= 67,8\%$$

motor agar kipas dapat beroperasi sesuai dengan performanya seperti berikut ini:

$$T_{req} = \frac{BHP_2}{RPM_2} \times \frac{1}{gear\ transmisson\ ratio \times \eta}$$

$$= \frac{4\ hp \times 745,7\ W/hp}{308,4211\ rpm \times 2\pi/60\ rad/s/rpm}$$

$$\times \frac{1}{9,5 \times 67,8\%}$$

$$= 14,33\ Nm$$

Nilai torsi yang dibutuhkan oleh motor ( $T_{req}$ ) lebih rendah daripada torsi terukur motor induksi ILA7 131, sehingga motor induksi ILA7 131 dianggap mampu menyediakan torsi yang memadai dan menjalankan operasi dengan baik. Perhitungan yang telah dilakukan juga dapat digunakan untuk menentukan kinerja fan B dengan penggerak pengganti ILA7 166. Berikut adalah hasil perhitungan untuk kedua kipas.

Tabel 7. Hasil perhitungan *fan A*

<i>fan A</i>			
<i>Pre Retrofit</i>		<i>Post Retrofit</i>	
<i>Steam Turbine A</i>		Motor Induksi ILA7 131	
Kecepatan putar <i>steam turbine</i> (RPM)	3371.0	Kecepatan putar motor listrik (RPM)	2930.0
<i>Power rated</i> dari <i>steam turbine</i> (hp)	9.0	<i>Power Rated</i> dari 3 phase induction motor (hp)	10.0
<i>Gear transmission ratio</i>	9.5	<i>Rated torque</i> (Nm)	24.0
<i>Gear Efficiency</i>	67.78%	<i>Gear transmission ratio</i>	9.5
<i>Fan speed</i>	354.84	<i>Gear efficiency</i> (%)	67.78%
<i>Fan air rate</i> (m <sup>3</sup> /s)	21.55	<i>Fan speed</i> (RPM)	308.42
<i>Fan static pressure</i> (mmwg)	12.68	<i>Fan air rate</i> (m <sup>3</sup> /s)	18.73
Konsumsi daya pada <i>fan shaft</i> (hp)	6.10	<i>Fan static pressure</i> (mmwg)	9.58
		Konsumsi daya pada <i>fan shaft</i> (hp)	4.01
		<i>Torque</i> yang harus disediakan motor (Nm)	14.34

Tabel 7. Hasil perhitungan *fan B*

<i>fan B</i>			
<i>Pre Retrofit</i>		<i>Post Retrofit</i>	
<i>Steam Turbine B</i>		Motor Induksi ILA7 166	
Kecepatan putar <i>steam turbine</i> (RPM)	3302.0	Kecepatan putar motor listrik (RPM)	2940.0
<i>Power rated</i> dari <i>steam turbine</i> (hp)	21.0	<i>Power Rated</i> dari 3 phase induction motor (hp)	24.8
<i>Gear transmission ratio</i>	15.0	<i>Rated torque</i> (Nm)	60.0
<i>Gear Efficiency</i>	74.76%	<i>Gear transmission ratio</i>	15.0
<i>Fan speed</i>	220.13	<i>Gear efficiency</i> (%)	74.76%
<i>Fan air rate</i> (m <sup>3</sup> /s)	60.60	<i>Fan speed</i> (RPM)	196.00
<i>Fan static pressure</i> (mmwg)	11.64	<i>Fan air rate</i> (m <sup>3</sup> /s)	53.96
Konsumsi daya pada <i>fan shaft</i> (hp)	15.70	<i>Fan static pressure</i> (mmwg)	9.23
		Konsumsi daya pada <i>fan shaft</i> (hp)	11.08
		<i>Torque</i> yang harus disediakan motor (Nm)	35.90

Torsi yang dibutuhkan dari motor ( $T_{req}$ ) ILA7 166 masih lebih rendah daripada *rated torque* motor ILA7 166. Perbandingan ukuran antara motor induksi 3 fasa ILA7 131 dan ILA7 166 dengan *steam turbine A* dan *B* menunjukkan bahwa motor induksi memiliki ukuran yang lebih kecil. Motor induksi lebih kecil dari *steam turbine* karena tidak memerlukan sistem pendukung seperti boiler dan kondensor. Desainnya lebih sederhana dan memiliki densitas daya tinggi, sehingga menghasilkan daya besar dalam ruang kecil [23]. Karena torsi yang dibutuhkan ( $T_{req}$ ) lebih rendah dari kemampuan motor, motor induksi tidak menjadi masalah dalam pemasangan dan

operasional. Berdasarkan teori desain mesin, motor induksi memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dalam mengubah input listrik menjadi output mekanik, sehingga dapat dirancang dengan dimensi lebih ringkas tanpa mengorbankan kinerja [24]. Oleh karena itu, ukuran motor induksi tidak menjadi masalah.

Dari tabel 5 dan 6, terlihat bahwa penggunaan motor induksi sebagai penggerak *fan* mengakibatkan penurunan performa. Meskipun *fan* yang sama digunakan, perubahan penggerak menyebabkan penurunan laju aliran udara, *static pressure*, dan *brake horse power* (BHP). Fenomena ini juga tercermin dalam

gambar 4, di mana titik operasi *fan* bergeser akibat penurunan kecepatan putar (rpm). Karena tidak ada informasi tentang kondisi operasi ideal, performa *fan* sebelum penggantian *driver* diasumsikan sebagai patokan untuk mencapai kondisi operasi yang diinginkan. Oleh karena itu, hanya mengganti *steam turbine* dengan motor induksi tidak cukup. Maka penggantian *gearbox* dengan *gear transmission ratio* yang dapat mengubah kecepatan putar motor induksi menjadi kecepatan sebelumnya diperlukan.

### 3.2 Analisis kondisi dengan motor listrik dan gearbox baru

Dari tabel 7 dan 8, terlihat bahwa kecepatan putar *fan* mengalami penurunan karena kecepatan motor induksi lebih rendah dari kecepatan *steam turbine*. Oleh karena itu, diperlukan *gearbox* dengan *gear transmission ratio* yang berbeda untuk mengembalikan kecepatan putar *fan* ke kondisi sebelumnya. Dengan menggunakan data dari tabel 1 dan 3 serta persamaan sebelumnya, perhitungan untuk memperoleh performa fan A dengan motor induksi 3 fasa dan gearbox baru sebagai berikut,

$$\text{gear transmission ratio} = \frac{RPM_{motor}}{RPM_{fan}} = \frac{2930}{353} = 8.26$$

Dengan penurunan *gear transmission ratio*, torsi yang harus dihasilkan oleh motor akan meningkat. Torsi yang diperlukan dapat dihitung dengan memanfaatkan data efisiensi gear dan kecepatan *fan* A dari tabel 7, menggunakan persamaan berikut,

$$T_{req} = \frac{BHP_1}{RPM_1} \times \frac{1}{\text{gear transmission ratio}_{baru} \times \eta} = \frac{6.1 \text{ hp} \times 745.7 \text{ W/hp}}{353 \text{ rpm} \times 2\pi/60 \text{ rad/s/rpm}} \times \frac{1}{8.26 \times 67.8\%} = 21.97 \text{ Nm}$$

Torsi yang harus disediakan oleh motor yaitu sebesar 21.87 Nm dan masih di batas *rated torque* yaitu 24 Nm, sehingga motor ILA7 131 masih bisa digunakan. Perhitungan yang sudah dikerjakan juga berlaku untuk mencari *gear transmission*

*ratio* untuk *fan* B. Berikut rangkuman hasil perhitungan dan performa untuk kedua *fan*,

Tabel 8. Hasil perhitungan untuk *fan* A dengan *gear transmission ratio* baru

Post Retrofit dan Gearbox Baru	
Motor Induksi ILA7 131	
Kecepatan putar motor listrik (RPM)	2930.0
Rated power 3 phase induction motor (hp)	10.0
Rated torque (Nm)	24.0
Gear transmission ratio	8.257
Gear efficiency (%)	67.8%
Fan speed (RPM)	354.84
Fan air rate (m <sup>3</sup> /s)	21.55
Fan static pressure (mmwg)	12.68
Konsumsi daya pada fan shaft (hp)	6.10
Torque yang harus disediakan motor (Nm)	21.87

Tabel 9. Hasil perhitungan untuk *fan* B dengan *gear transmission* baru

Post Retrofit dan Gearbox Baru	
Motor Induksi ILA7 166	
Kecepatan putar motor listrik (RPM)	2940.0
Rated power 3 phase induction motor (hp)	24.8
Rated torque (Nm)	60.0
Gear transmission ratio	13.356
Gear efficiency (%)	74.76%
Fan speed (RPM)	220.13
Fan air rate (m <sup>3</sup> /s)	60.60
Fan static pressure (mmwg)	11.64
Konsumsi daya pada fan shaft (hp)	15.70
Torque yang harus disediakan motor (Nm)	50.86

Tabel 10 menunjukkan penurunan rasio transmisi gigi menjadi 13,34 untuk *fan* B, dengan meningkatnya torsi yang harus disediakan oleh motor menjadi 50,88 Nm. nilai torsi ini masih berada di batas *rated torque* ILA7 166, yaitu 60 Nm, menunjukkan bahwa motor induksi ILA7 166 masih dapat digunakan. Dengan mengganti *gear transmission ratio*, performa kedua *fan* dapat dikembalikan ke performma sebelumnya, seperti yang terlihat dari tabel 9 dan tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan *gear transmission ratio* existing dan baru

Rasio transmisi gigi			
Fan A		Fan B	
Existing	9.5	Existing	15
Baru	8.26	Baru	13.36

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa motor listrik sebagai pengganti turbin untuk penggerak fan dapat berjalan dengan baik, hal ini dapat dibuktikan dengan hasil perhitungan namun diperlukan penggantian gearbox dengan rasio pada *fan A* 8.26 dan 13.36 pada *fan B* untuk memenuhi performa fan yang dibutuhkan.

#### Referensi

- [1] Chisca, S., dkk., 2022. Polytriazole membranes with ultrathin tunable selective layer for crude oil fractionation. *Science* 376(6597), 1105–1110. doi: 10.1126/science.abm7686..
- [2] Lu, J., Zhu, L., Liu, G., dan Bai, H., 2019. Device and System-Level Transient Analysis in a Modular Designed Sub-MW EV Fast Charging Station Using Hybrid GaN HEMTs + Si MOSFETs. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics* 7(1), 143–156. doi: 10.1109/JESTPE.2018.2834483.
- [3] Saravanakumar, G., & Kannadasan, T. (2017). "Energy Efficiency of Induction Motors in Industrial Applications." *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*.
- [4] Rengganis, E., Diah Damayanti, D., dan Juliani, W., 2020. Perancangan Lini Perakitan Motor Listrik BLDC 5 KW untuk Meningkatkan Efisiensi Lini dengan Menggunakan Metode Moodie Young dan Pendekatan Simulasi pada PT XYZ. *Jurnal Multidisipliner Kapalamada* 6(2), 6848–6855.
- [5] Hendry, Hendry, dkk., 2019. Peningkatan Efisiensi dan Performa Motor Listrik Berbasis PID dan Fuzzy. *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)* 1(1)..
- [6] Noer, Z., dan Indri Dayana, 2022. *Buku Fisika dan Teknologi Superkonduktor*. GUEPEDIA..
- [7] Farid, Muhammad, 2022. *Analisa Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang*. Diss. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [8] Nugraha, B.D., Safaruddin, S., dan Andre, A.D., 2022. *Analisis Sistem Starting Soft Starter Motor Listrik PT. Semen Baturaja*. *Jurnal Multidisipliner Kapalamada*.
- [9] Yusmartato, Y., Nasution, R., dan Armansyah, A., 2019. *Analisis Arus Motor Induksi Rotor Sangkare dengan Mengubah Jumlah Kutub*.
- [10] Medika, Rega Prili, 2020. *KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI TIGA FASA DALAM KEADAAN BERBEBAN MENGGUNAKAN MATLAB DI LABORATORIUM TEKNIK LISTRIK POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*. Diss. POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA..
- [11] Astuti, A.T., 2015. *Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan Menggunakan Metode Terpusat (Concentric)*.
- [12] Rizqianti, Z., dan Permata, E., 2022. *Analisis Pengasutan Motor Jenis Variable Speed Drive (VSD) dan Soft Starter pada Fan Cooler Sistem di PT. Cemindo Gemilang Tbk Bayah*. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik* 1(2), 125–139.
- [13] Rahim, F.R., 2008. *Analisis Aliran Udara yang Melalui Fan dan Integrasinya ke Dalam Sistem Circular Integrated Hovercraft Proto X-1*.

- [14] Linquip, 2021. What is Helical Gearbox? [Online]. Tersedia: <https://www.linquip.com/blog/what-is-helical-gearbox/>.
- [15] Ismail, R., 2014. Perbandingan Produk Roda Gigi UKM dan Roda Gigi Original Equipment Manufacturer (OEM) untuk Produk Roda Gigi Transmisi Sepeda Motor. *Rotasi* 16(2), 32–37. <https://doi.org/10.14710/rotasi.16.2.32-37>.
- [16] Manullang, J.S.E., dan Lumbantobing, D., 2023. Unjuk Kerja Turbin Uap Jieneng dengan Daya 15 MW di PLTU Growth Asia. *Sinergi Polmed, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 4(2), 45–58.
- [17] Pratama, Firman Dyan, 2021. Penerapan Siklus Rankine pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sederhana sebagai Media Pembelajaran. Diss. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- [18] Wisnaningsih, W., 2019. Perencanaan Turbin Uap Penggerak Generator dengan Daya 100 MW pada 3000 RPM. *Tek. Sains J. Ilmu Tek.* 4(1), 33–40. doi: 10.24967/teksis.v4i1.637.
- [19] Zaim, Ryanda Luthfi, dkk., 2018. Crude Distillation Unit (CDU) dari Kuwait Crude Oil. *Jurnal Teknik ITS* 6(2), B237–B240.
- [20] Norton, R. L. (2020). *Machine Design: An Integrated Approach*. Pearson.
- [21] Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2010). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill.
- [22] Norton, R. L. (2020). *Machine Design: An Integrated Approach*. Pearson.
- [23] Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2013). *Electric Machinery*. McGraw-Hill Education.
- [24] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.