

# PERANCANGAN DAN ANALISIS PEMILIHAN SUMBER ENERGI LISTRIK PADA RUMAH POMPA BANDARA AHMAD YANI SEMARANG MENGGUNAKAN PROGRAM *ETAP* 12.6

Fazahaqi Nahr Fauzani<sup>\*)</sup>, Karnoto, Tejo Sukmadi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>Email: [fnfauzani@gmail.com](mailto:fnfauzani@gmail.com)

## Abstrak

Kelangsungan energi listrik pada sebuah instalasi listrik adalah hal yang sangat penting. Pada sistem instalasi pompa air Bandara Ahmad Yani Semarang, dibutuhkan sebuah sistem energi utama dan cadangan yang dapat mengasut semua motor yang diperlukan dalam kondisi apapun. Apabila terjadi gangguan listrik dan pompa air tidak dapat berjalan, maka seluruh operasional bandara akan terganggu. Penelitian ini akan menentukan peralatan yang dibutuhkan oleh instalasi yaitu dengan metode penentuan daya reaktif total dan penentuan arus yang mengalir. Sehingga peralatan yang digunakan untuk sistem energi utama yaitu transformator dengan kapasitas 1600 dan 2000 kVA, yang dihubungkan dengan kabel N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) dengan Variasi pertama menggunakan *CB* Cutler-Hammer RW 3 Pole sedangkan variasi kedua menggunakan *CB* ABB F2L 3 Pole. Sistem energi cadangan yaitu satu buah generator Perkins 45 kVA, dengan kabel penghantar N2XFGbY 2x10mm<sup>2</sup> dan *CB* Cutler-Hammer EGB 3 Pole. Dua buah generator Perkins 1500 kVA, dengan kabel penghantar N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) dan *CB* Cutler-Hammer HNW 3 Pole. Tiga buah generator Perkins 1250 kVA, dengan kabel penghantar N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) dan *CB* Cutler-Hammer HNW 3 Pole. Penentuan kapasitas generator, transformator, *CB*, kabel sudah sesuai dengan standar yang berlaku.

*Kata kunci: Genset, Transformator, Motor Induksi, Kabel, MCCB, Bus*

## Abstract

Electrical energy continuity is very substantial in an electrical installation. For Ahmad Yani Semarang Airport's waterpump installation system, a main energy source and a backup energy source is needed to start and run all the required waterpump in all conditions. If an electrical breakdown occurs and waterpump can't operate, there will be disturbance in the airport's operation. This paper aims to determine the equipment needed by using maximum reactive and through current calculation approach. After that electrical equipment can be determined such as to supply the main energy source which are transformers with capacities of 1600 dan 2000 kVA, that are connected to N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) cables with the first variation connected to *CB* Cutler-Hammer RW 3 Pole while the second variation uses *CB* ABB F2L 3 pole. Backup energy source uses generators of one Perkins 45 kVA, N2XFGbY 2x10mm<sup>2</sup> cable dan *CB* Cutler-Hammer EGB 3 pole. two Perkins 1500 kVA generators, with N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) cables and *CB* Cutler-Hammer HNW 3 Pole. Three Perkins 1250 kVA generators, with N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) cables and *CB* Cutler-Hammer HNW 3 Pole. The determination of generator, transformator, *CB*, and cable are standard compliant.

*Keywords: Generator Set, Transformer, Induction Motor, Cable, MCCB, Bus*

## 1. Pendahuluan

Kota Semarang membutuhkan transportasi massal yang harus segera terpenuhi salah satunya adalah pesawat terbang. Oleh karena adanya kebutuhan tersebut, pemerintah Kota Semarang berusaha untuk memenuhinya dengan pembangunan terminal baru untuk Bandara Ahmad Yani Semarang. Karena untuk kondisi saat ini, Bandara Ahmad Yani dirasa sudah tidak bisa memenuhi akan kebutuhan arus transportasi pesawat terbang yang kian hari kian bertambah.

Bandara yang baik harus dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, fasilitas utama, dan fasilitas penunjang lainnya. Fasilitas keselamatan dan keamanan bandara salah satunya yaitu sistem drainase bandara. Sistem drainase bandara mirip dengan drainase jalan raya. Area bandara perlu penyerapan air yang cepat, sehingga membutuhkan sistem drainase yang terintegrasi. Air yang ada di permukaan harus segera mengalir ke saluran air agar tidak terjadi genangan. Area *runway*, *taxiway*, dan *apron* harus bebas dari genangan air yang bertujuan untuk keselamatan penerbangan. [1]

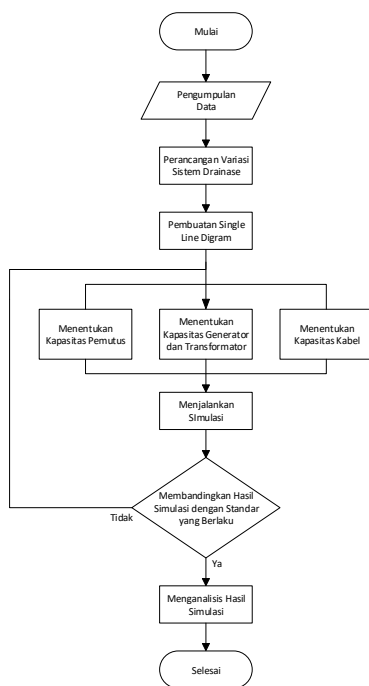
Sumber energi listrik pada suatu infrastruktur penting harus memiliki keandalan sistem energi listrik yang baik agar energi listrik dapat diterima oleh peralatan dengan baik dan terus-menerus. Keandalan sistem yang baik ini tidak hanya dalam sistem distribusi daya saja, namun kontinuitas penyaluran energi listrik pada beban juga harus diperhatikan. Kontinuitas penyaluran energi listrik merupakan salah satu aspek terpenting untuk mendapatkan keandalan suatu sistem. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem penyaluran energi listrik cadangan untuk menanggung beban listrik peralatan apabila terjadi gangguan pada sistem penyaluran listrik utama (PLN). Hal ini sangat dibutuhkan untuk menjaga bandara agar tetap operasional dalam situasi apapun. Bandara merupakan infrastruktur yang sangat penting untuk masyarakat sehingga tidak boleh ada kemungkinan terjadi gangguan yang dapat mengganggu operasional bandara.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang instalasi dengan menentukan daya total yang digunakan dan kapasitas total yang dibutuhkan untuk mengoperasikan instalasi pompa banjir Bandara Ahmad Yani Semarang dalam kondisi apapun. Rancangan instalasi diharapkan akan memberikan sistem elektrikal motor pompa yang baik dari segi kinerja maupun dari segi finansial.

## 2. Metode

### 2.1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian. Gambar 1. menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Diagram alir pada Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah metodologi penelitian pada penelitian ini.

## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Sumber Energi Cadangan

Pada penelitian ini, instalasi akan diberikan sumber energi cadangan berupa generator. Pemilihan generator dengan kapasitas yang tepat sangat penting karena apabila kapasitas generator terlalu kecil, dapat terjadi fluktuasi tegangan dan terjadi kerusakan pada generator serta kumparan dari peralatan yang ada [22]. Apabila kapasitas generator terlalu besar, mesin generator dapat bergerak dan terjadi penumpukkan karbon karena pembebanan besin yang terlalu ringan [22].

NEMA (*The National Electrical Manufacturer's Association*) telah merilis nilai standar kVA/HP *locked rotor* agar memudahkan perhitungan kVA yang diperlukan untuk starting motor tersebut [24]. Berikut ini adalah tabel nilai kVA/HP *locked rotor* tersebut:

Tabel 1. Tabel nilai kVA/HP *locked rotor* sesuai NEMA

Huruf Kode NEMA	Nilai kVA/HP <i>locked rotor</i>
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.55
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59
G	5.6 - 6.29
H	6.3 - 7.09
J	7.1 - 7.99
K	8.0 - 8.99
L	9.0 - 9.99
M	10.0 - 11.19
N	11.2 - 12.49
P	12.5 - 13.99
R	14.0 - 15.99
S	16.0 - 17.99
T	18.0 - 19.99
U	20.0 - 22.39
V	22.4 - dst.

Dengan tabel tersebut, dapat dilakukan perhitungan manual untuk mencari *Locked Rotor kilovolt-amperes* (LRkVA) dengan rumus berikut [23]:

$$LRkVA = (hp \text{ pada nameplate}) \times (Locked \text{ rotor } kVA/hp)$$

Namun apabila tidak terdapat kode klasifikasi NEMA pada nameplate motor, maka untuk mencari LRkVA dapat menggunakan rumus berikut:

$$LRkVA = Tegangan \times Arus \text{ starting} \times 1.732 \text{ (square root of 3)} / 1000$$

Setelah mendapatkan nilai LRkVA, carilah nilai *Running kVA* (RkVA) dari motor tersebut dengan rumus:

$$RkVA = Tegangan \times Arus \text{ nominal} \times 1.732 \text{ (square root of 3)} / 1000$$

Generator yang digunakan harus mampu memikul beban *Starting* kVA dan *Running* kVA agar motor dapat bekerja dengan normal.

### 3.1.1. Kapasitas Generator Rumah Pompa Baku dan RO

Untuk daya total yang dibutuhkan pompa air RO sebesar 6,2 kW, kebutuhan daya untuk beban lampu pada rumah pompa RO sebesar 54 W, dan untuk beban OHC pada rumah pompa RO dengan kapasitas angkut sebesar 3 ton membutuhkan daya sebesar 1 KW. Berikut ini spesifikasi dari beban yang ada pada rumah pompa RO:

**Tabel 2. Spesifikasi daya beban yang ada pada rumah pompa RO**

Beban	Arus Nominal (A)	Arus Locked Rotor (A)	Daya (kW)
Pompa RO 1	6,8	37	3.1
Pompa RO 2	6,8	37	3.1
Lampu RO	0,096 / fasa	-	0.054
OHC 3 Ton RO	3,1	-	1

Untuk daya total yang dibutuhkan pompa air baku sebesar 9,6 KW, kebutuhan daya untuk beban lampu pada rumah pompa baku sebesar 135 W, dan untuk beban OHC pada rumah pompa baku dengan kapasitas angkut sebesar 3 ton membutuhkan daya sebesar 1 KW. Berikut ini spesifikasi dari beban yang ada pada rumah pompa baku:

**Tabel 3. Spesifikasi daya beban yang ada pada rumah pompa baku**

Beban	Arus Nominal (A)	Arus Locked Rotor (A)	Daya (kW)
Pompa Baku 1	6,8	37	3.1
Pompa Baku 2	6,8	37	3.1
Pompa Baku 5	6,8	37	3.1
Lampu Baku	0,24 / fasa	-	0.135
OHC 3 Ton Baku	3,1	-	1

Maka perhitungan SkVA dan SkW untuk pompa adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SkVA pompa} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus} \textit{ starting} \times 1.732 \\ &\quad (\textit{square root of 3}) / 1000 \\ &= 380 \times 37 \times 1.732 / 1000 \\ &= 24,351 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RkVA pompa} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus nominal} \times 1.732 \\ &\quad (\textit{square root of 3}) / 100 \\ &= 380 \times 6,8 \times 1.732 / 1000 \\ &= 4,475 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, maka dapat dibuat tabel sebagai berikut:

**Tabel 4. Perhitungan beban rumah pompa RO dan baku**

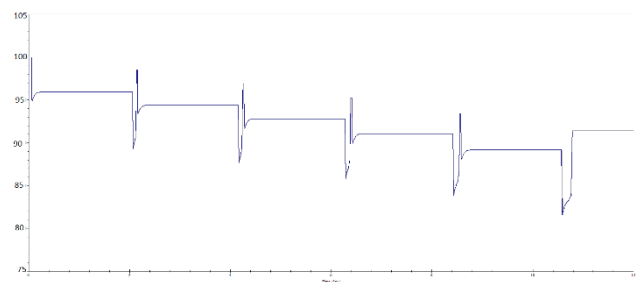
Beban	SkVA (kVA)	RkVA (kVA)
Motor Pompa RO 1	24,351	4,475
Motor Pompa RO 2	24,351	4,475
Motor Pompa Baku 1	24,351	4,475
Motor Pompa Baku 2	24,351	4,475
Motor Pompa Baku 5	24,351	4,475
Lampu RO	0,057	0,057
Lampu Baku	0,142	0,142

Beban OHC tidak dimasukkan ke perhitungan dikarenakan OHC tidak akan dioperasikan saat menggunakan sumber energi cadangan.

Untuk menghitung nilai kapasitas generator yang dibutuhkan, jumlahkan nilai RkVA semua motor yang akan diasut kecuali satu motor dengan nilai SkVA tertinggi. Kemudian tambahkan nilai SkVA dari motor yang belum ditambahkan tersebut [22]. Menurut PUIL, nilai kapasitas sebuah generator harus dapat memikul beban saat pengasutan motor yang terhubung pada generator tersebut.

Dari tabel diatas, maka dapat disimpulkan bahwa generator harus dapat menanggung daya pengasutan motor yaitu sebesar 24,351 kVA per motornya, dan dapat menanggung daya total untuk pengasutan motor yaitu sebesar 42.45 kVA. Oleh karena itu, kapasitas generator yang digunakan adalah generator dengan kapasitas 45 kVA. berikut bukti simulasi:

Tinjauan tegangan keluaran generator:

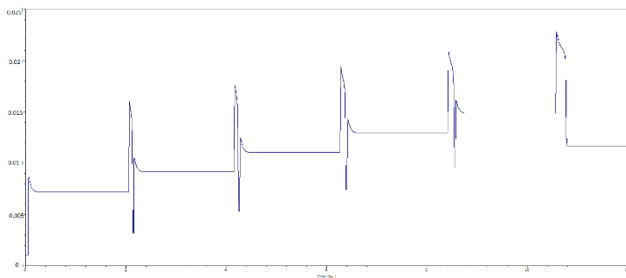


**Gambar 2. Simulasi motor starting analysis tinjauan tegangan**

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa setelah semua pompa terasut tegangan keluaran generator tetap berada di atas 90% yang berarti semua motor dapat beroperasi dengan semestinya.

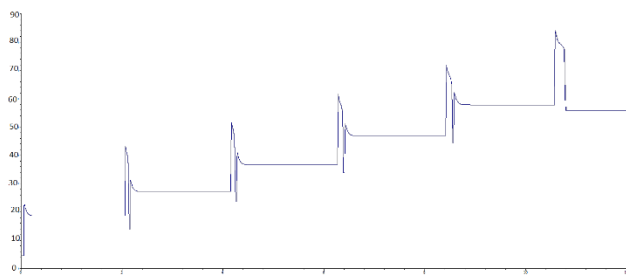
Tinjauan daya reaktif keluaran generator

Dari Gambar 3. tersebut dapat dilihat kenaikan daya reaktif keluaran generator berbanding lurus dengan motor yang diasut. Dapat dilihat pada pengasutan motor terakhir bahwa daya reaktif masih berada di dalam batas daya reaktif generator, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan kapasitas generator sudah sesuai.



Gambar 3. Simulasi motor starting analysis tinjauan daya reaktif

Tinjauan arus keluaran generator:



Gambar 4. Simulasi motor starting analysis tinjauan arus

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai arus keluaran generator berbanding lurus dengan jumlah motor yang terasut. Dapat dilihat juga setelah semua pompa starting arus keluaran generator sudah berada diatas 90% batas maksimal arus generator yang berarti pemilihan kapasitas generator sudah tepat sesuai kebutuhan beban

### 3.1.2. Kapasitas Generator Rumah Pompa Drainase Variasi Pertama

Tabel 5. Spesifikasi daya beban pada rumah pompa drainase variasi pertama

Beban	Arus Nominal (A)	Arus Locked Rotor (A)	KW
Pompa Drainase 1	288	1720	130
Pompa Drainase 2	288	1720	130
Pompa Drainase 3	288	1720	130
Pompa Drainase 4	288	1720	130
Pompa Drainase 5	288	1720	130
Pompa Drainase 8	288	1720	130
Pompa Drainase 9	288	1720	130
Lampu Drainase	1,467 / fasa	-	0,891
OHC Drainase	6,2	-	2

Perhitungan daya pompa adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SkVA pompa} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus starting} \times 1.732 \\ &\quad (\text{square root of } 3) / 1000 \\ &= 380 \times 1720 \times 1.732 / 1000 \\ &= 1.132,035 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RkVA pompa} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus nominal} \times 1.732 \\ &\quad (\text{square root of } 3) / 1000 \\ &= 380 \times 288 \times 1.732 / 1000 \\ &= 189.550 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Pada variasi pertama, daya total yang dibutuhkan rumah pompa air drainase sebesar 910 kW, kebutuhan daya untuk beban lampu pada rumah pompa drainase sebesar 891 W, dan untuk beban OHC pada rumah pompa drainase dengan kapasitas angkut sebesar 7,5 ton membutuhkan daya sebesar 2 kW. Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari beban variasi pertama rumah pompa drainase:

Setelah melakukan perhitungan diatas, maka dapat dibuat tabel sebagai berikut;

Tabel 6. Perhitungan beban rumahpa drainase variasi pertama

Beban	SkVA (kVA)	RkVA (kVA)
Motor Pompa Drainase 1	1.135,784	189.550
Motor Pompa Drainase 2	1.135,784	189.550
Motor Pompa Drainase 3	1.135,784	189.550
Motor Pompa Drainase 4	1.135,784	189.550
Motor Pompa Drainase 5	1.135,784	189.550
Motor Pompa Drainase 8	1.135,784	189.550
Motor Pompa Drainase 9	1.135,784	189.550
Lampu Drainase	0,938	0.938

Beban OHC tidak dimasukkan ke perhitungan dikarenakan OHC tidak akan dioperasikan saat menggunakan sumber energi cadangan.

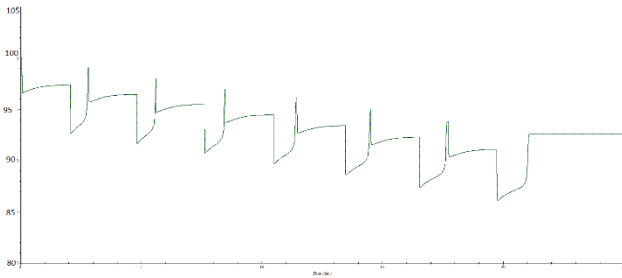
Untuk menghitung nilai kapasitas generator yang dibutuhkan, jumlahkan nilai RkVA semua motor yang akan diasut kecuali satu motor dengan nilai SkVA tertinggi. Kemudian tambahkan nilai SkVA dari motor yang belum ditambahkan tersebut [22]. Menurut PUIL, nilai kapasitas sebuah generator harus dapat memikul beban saat pengasutan motor yang terhubung pada generator tersebut.

Dari tabel diatas, maka dapat disimpulkan bahwa generator harus dapat menanggung daya pengasutan motor yaitu sebesar 1.135,784 kVA per motornya, dan dapat menanggung daya total untuk pengasutan motor yaitu sebesar 2.274,022 kVA. Dikarenakan di pasaran tidak terdapat generator dengan nilai diatas 2000 kVA, maka generator yang digunakan adalah dua buah generator dengan kapasitas 1250 kVA.

Tetapi pada saat pengujian pengasutan motor menggunakan dua buah generator dengan kapasitas 1250 kVA, terjadi penurunan tegangan saat pengasutan empat motor terakhir, dimana tegangan motor dibawah 50%. Sehingga dipilih dua buah generator Perkins dengan kapasitas 1500 kVA berikut bukti simulasi:

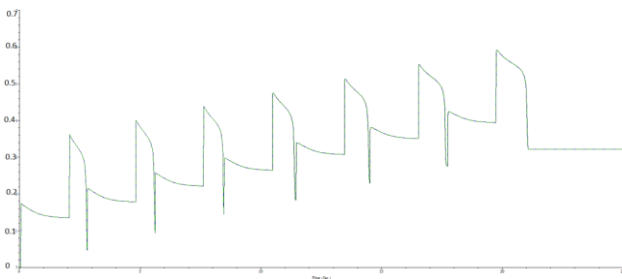
Dari gambar 5. dapat dilihat bahwa setelah semua pompa starting tegangan Bus tetap berada diatas 90% yang berarti semua motor dapat beroperasi dengan baik.

Tinjauan tegangan keluaran generator:



Gambar 5. Simulasi motor starting analysis tinjauan tegangan

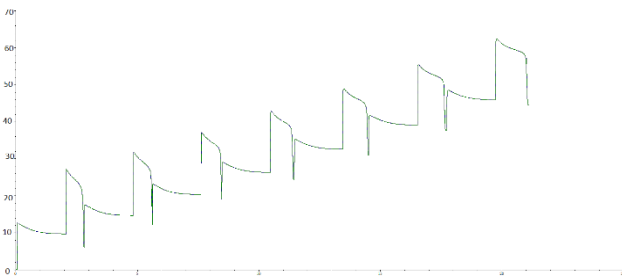
Tinjauan daya reaktif keluaran generator:



Gambar 6. Simulasi motor starting analysis tinjauan daya reaktif

Dari gambar tersebut dapat dilihat kenaikan daya reaktif keluaran generator berbanding lurus dengan motor yang diasut. Dapat dilihat pada pengasutan motor terakhir bahwa daya reaktif masih di dalam batas maksimal daya generator, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan kapasitas generator sudah sesuai.

Tinjauan arus keluaran generator:



Gambar 7. Simulasi motor starting analysis tinjauan arus

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai arus keluaran generator berbanding lurus dengan jumlah motor yang terasut. Selain itu dapat dilihat bahwa setelah semua pompa starting arus keluaran generator masih dalam batas maksimal arus generator yang berarti pemilihan kapasitas generator sudah tepat sesuai kebutuhan beban.

### 3.1.3. Kapasitas Generator Rumah Pompa Drainase Variasi Kedua

Pada variasi kedua, daya total yang dibutuhkan pompa air drainase sebesar 1290 kW, kebutuhan daya untuk beban

lampu pada rumah pompa drainase sebesar 504 W, dan untuk beban *OHC* pada rumah pompa drainase dengan kapasitas angkut sebesar 7,5 ton membutuhkan daya sebesar 2 kW. Berikut ini spesifikasi dari beban variasi kedua pada rumah pompa drainase:

Tabel 7. Spesifikasi daya beban pada rumah pompa drainase variasi pertama

Beban	Arus Nominal (A)	Arus Locked Rotor (A)	KW
Pompa Drainase 1	837	5890	450
Pompa Drainase 2	837	5890	450
Pompa Drainase 3	288	1720	130
Pompa Drainase 4	288	1720	130
Pompa Drainase 5	288	1720	130
Lampu Drainase	0,83 / fasa	-	0,504
<i>OHC</i> Drainase	6,2	-	2

Perhitungan daya pompa 130 kW sama dengan sebelumnya. Perhitungan daya pompa 450 kW adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SkVA pompa} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus starting} \times 1.732 \\ &\quad (\text{square root of } 3) / 1000 \\ &= 380 \times 5890 \times 1.732 / 1000 \\ &= 3.876,562 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SkW pompa} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus nominal} \times 1.732 \\ &\quad (\text{square root of } 3) / 1000 \\ &= 380 \times 837 \times 1.732 / 1000 \\ &= 550,880 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, maka dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 8. Perhitungan beban rumah pompa drainase variasi pertama

Beban	SkVA (kVA)	RkVA (kVA)
Motor Pompa Drainase 1	3.738,6	550,880
Motor Pompa Drainase 2	3.738,5	550,880
Motor Pompa Drainase 3	1.135,784	189,550
Motor Pompa Drainase 4	1.135,784	189,550
Motor Pompa Drainase 5	1.135,784	189,550
Lampu Drainase	0,530	0,530

Beban *OHC* tidak dimasukkan ke perhitungan dikarenakan *OHC* tidak akan dioperasikan saat menggunakan sumber energi cadangan.

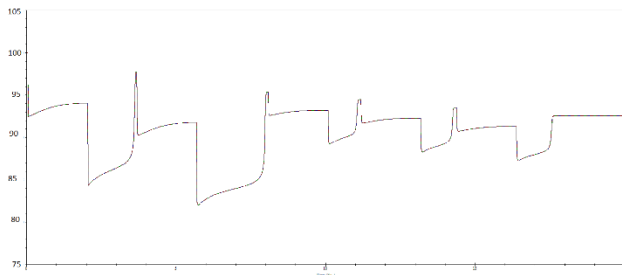
Untuk menghitung nilai kapasitas generator yang dibutuhkan, jumlahkan nilai RkVA semua motor yang akan diasut kecuali satu motor dengan nilai SkVA tertinggi. Kemudian tambahkan nilai SkVA dari motor yang belum ditambahkan tersebut [22]. Menurut PUIL, nilai kapasitas sebuah generator harus dapat memikul beban saat pengasutan motor yang terhubung pada generator tersebut.

Dari tabel diatas, maka dapat disimpulkan bahwa generator harus dapat menanggung daya pengasutan motor yaitu sebesar 3.738,6 kVA per motornya, dan dapat menanggung daya total untuk pengasutan motor yaitu sebesar 4858,13 kVA. Dikarenakan generator dengan kapasitas tersebut tidak tersedia di pasaran, maka akan digunakan tiga buah generator dengan kapasitas 1700 kVA.

Tetapi pada saat dilakukan simulasi, motor sudah dapat terasut dan berjalan semua dengan hanya menggunakan tiga buah generator dengan kapasitas 1250 kVA saja. Hal ini dikarenakan terdapat tiga buah generator sehingga terjadi pembagian beban secara seimbang, sehingga tetap dapat terjadi pengasutan.

Oleh karena itu, kapasitas generator yang digunakan adalah tiga buah generator dengan kapasitas 1250 kVA. berikut bukti simulasi:

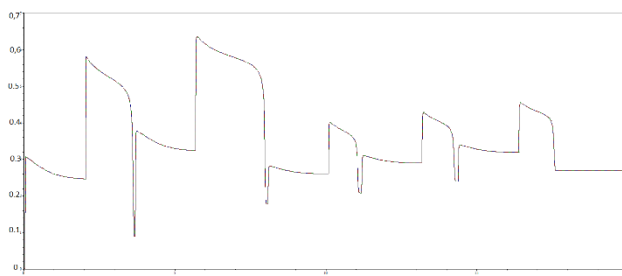
Tinjauan tegangan keluaran generator:



Gambar 8. Simulai motor starting analysis tinjauan tegangan

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa setelah semua pompa starting tegangan Bus tetap berada diatas 90% yang berarti semua motor dapat beroperasi dengan baik.

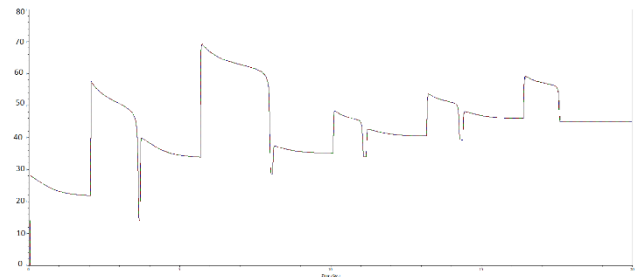
Tinjauan daya reaktif keluaran generator:



Gambar 9. Simulasi motor starting analysis tinjauan daya reaktif

Dari gambar tersebut dapat dilihat kenaikan daya reaktif keluaran generator berbanding lurus dengan motor yang diasut. Dapat dilihat pada pengasutan motor terakhir bahwa daya reaktif masih dalam batas maksimal daya generator, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan kapasitas generator sudah sesuai.

Tinjauan arus keluaran generator:



Gambar 10. Simulasi motor starting analysis tinjauan arus

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai arus keluaran generator berbanding lurus dengan jumlah motor yang terasut. Selain itu dapat dilihat bahwa setelah semua pompa starting arus keluaran generator masih berada dalam batas maksimal arus generator yang berarti pemilihan kapasitas generator sudah tepat sesuai kebutuhan beban.

### 3.2. Sumber Energi Tetap

Pada penelitian ini, instalasi rumah pompa banjir bandara akan diberikan sumber energi tetap berupa aliran listrik dari PLN. Sumber energi ini akan menjadi pilihan utama untuk menghidupkan peralatan instalasi pompa air bandara. Saat terjadi gangguan, baru instalasi akan dihidupkan menggunakan sumber energi cadangan yang berupa generator yang sudah dibahas di sub bab sebelumnya. Berikut rumus perhitungan kapasitas transformator:

$$\text{Daya (kVA)} = \frac{1.732 \times \text{Tegangan} \times \text{Arus}}{1000}$$

Pada perhitungan kapasitas transformator, arus *locked rotor* tidak digunakan pada perhitungan dikarenakan sumber energi dari *grid* PLN memiliki kapasitas daya reaktif jauh diatas kebutuhan, sehingga yang digunakan adalah arus nominal sebagai nilai RkVA yang melewati transformator secara terus menerus saja.

#### 3.2.1 Variasi Pertama

Berikut ini adalah tabel beban total variasi pertama pada instalasi rumah pompa bandara:

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kapasitas transformator yang dibutuhkan adalah 1359,377 kVA. Sehingga transformator yang dipilih adalah transformator Schneider Electric dengan kapasitas 1600 kVA.

Dengan pemilihan generator tersebut, tidak terdapat *warning* apapun dalam simulasi *Load Flow* pada *ETAP*

12.6, dan motor dapat berjalan semua pada *Motor Starting Analysis* pada ETAP 12.6, berikut bukti simulasi:

Dari gambar tersebut dapat dilihat kenaikan daya reaktif keluaran *grid* berbanding lurus dengan motor yang diasut. Dapat dilihat pada pengasutan motor terakhir bahwa daya reaktif sudah mencapai batas maksimal daya transformator, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan kapasitas transformator sudah sesuai.

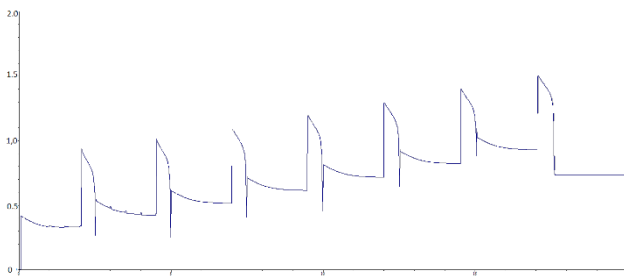
**Tabel 9. Beban total instalasi rumah pompa bandara variasi beban pertama.**

Beban	Beban Arus Penuh (A)	KW
Motor Pompa RO 1	6,8	3,1
Motor Pompa RO 2	6,8	3,1
Lampu RO	0,096 / fasa	0,054
OHC 3 Ton RO	3,1	1
Motor Pompa Baku 1	6,8	3,1
Motor Pompa Baku 2	6,8	3,1
Motor Pompa Baku 5	6,8	3,1
Lampu Baku	0,24 / fasa	0,135
OHC 3 Ton Baku	3,1	1
Pompa Drainase 1	288	130
Pompa Drainase 2	288	130
Pompa Drainase 3	288	130
Pompa Drainase 4	288	130
Pompa Drainase 5	288	130
Pompa Drainase 8	288	130
Pompa Drainase 9	288	130
Lampu Drainase	1,467 / fasa	0,891
OHC Drainase	6,2	2

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa total arus adalah 2067,809 A. maka perhitungannya adalah:

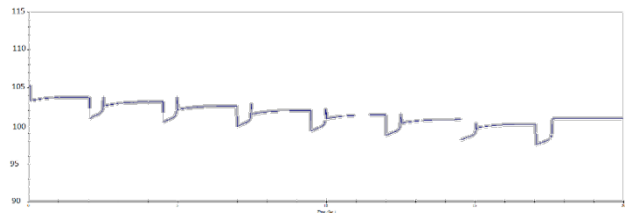
$$\begin{aligned} \text{Daya (kVA)} &= \frac{1.732 \times 380 \times 2067,809}{1000} \\ &= 1359,377 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Tinjauan daya reaktif keluaran *grid*:



**Gambar 11. Simulasi motor starting analysis tinjauan daya reaktif**

Tinjauan tegangan *bus*:



**Gambar 12. simulai motor starting analysis tinjauan tegangan pengasutan bertahap**

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa setelah semua pompa starting tegangan *Bus* tetap berada diatas 90% yang berarti semua motor dapat beroperasi dengan baik.

### 3.2.2 Variasi Kedua

Berikut ini adalah tabel beban total variasi kedua pada instalasi rumah pompa bandara:

**Tabel 10. Beban total instalasi rumah pompa bandara variasi beban pertama.**

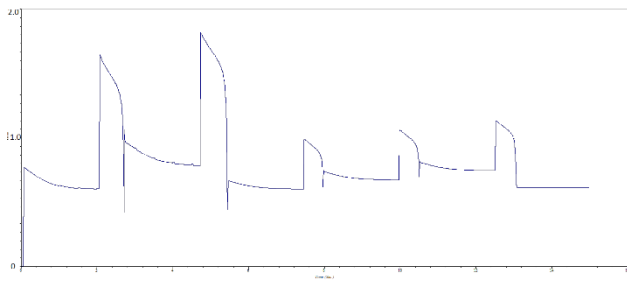
Beban	Beban Arus Penuh (A)	KW
Motor Pompa RO 1	6,8	3,1
Motor Pompa RO 2	6,8	3,1
Lampu RO	0,096 / fasa	0,054
OHC 3 Ton RO	3,1	1
Motor Pompa Baku 1	6,8	3,1
Motor Pompa Baku 2	6,8	3,1
Motor Pompa Baku 5	6,8	3,1
Lampu Baku	0,24 / fasa	0,135
OHC 3 Ton Baku	3,1	1
Pompa Drainase 1	837	450
Pompa Drainase 2	837	450
Pompa Drainase 3	288	130
Pompa Drainase 4	288	130
Pompa Drainase 5	288	130
Lampu Drainase	1,467 / fasa	0,891
OHC Drainase	6,2	2

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa total arus adalah 2589,809 A. maka perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Daya (kVA)} &= \frac{1.73 \times 380 \times 2589,809}{1000} \\ &= 1702,540 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kapasitas transformator yang dibutuhkan adalah 1702,540 kVA. Sehingga transformator yang dipilih adalah transformator Schneider Electric dengan kapasitas 2000 kVA. berikut bukti simulasi:

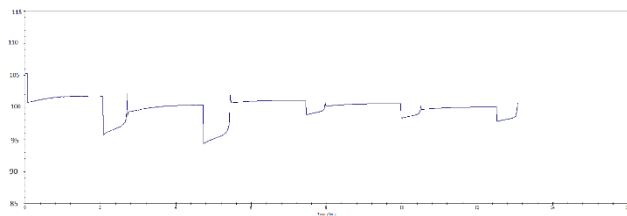
Tinjauan daya reaktif keluaran *grid*:



**Gambar 13.** Simulai *motor starting analysis* tinjauan daya reaktif

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa daya reaktif dari *grid* lebih besar dari kapasitas transformator. Tetapi hal tersebut tidak mempengaruhi kinerja generator karena daya reaktif yang berlebihan hanya terjadi sebentar saja, dan arus yang dibutuhkan oleh pengasutan motor juga sudah terpenuhi

Tinjauan tegangan *bus*:



**Gambar 14.** Simulasi *motor starting analysis* tinjauan tegangan *bus*

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa setelah semua pompa starting tegangan *Bus* tetap berada di atas 90% yang berarti semua motor dapat beroperasi dengan baik.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapat daya reaktif total yang dibutuhkan pada perancangan sistem elektrikal rumah pompa bandara adalah 42,45 kVA pada rumah pompa baku dan RO, sehingga generator yang digunakan adalah Perkins dengan kapasitas 45 kVA. Pada rumah pompa drainase variasi pertama, daya reaktif yang dibutuhkan adalah 2.274,022 kVA, sehingga generator yang digunakan adalah dua buah generator Perkins dengan kapasitas 1500 kVA. Pada rumah pompa drainase variasi kedua, daya reaktif yang dibutuhkan adalah 4858,13 kVA. Sehingga generator yang digunakan adalah tiga buah generator Perkins dengan kapasitas 1250 kVA. Perhitungan kapasitas generator sudah sesuai standar PUIL nomor 8.21.3.1.4. Selain itu, Sistem energi cadangan berupa genset yang diimplementasikan pada sistem elektrikal rumah pompa bandara adalah satu buah generator Perkins 45 kVA, dengan kabel penghantar N2XFGbY 2x10mm<sup>2</sup> dan CB Cutler-Hammer EGB 3

pole. Dua buah generator Perkins 1500 kVA, dengan kabel penghantar N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) dan CB Cutler-Hammer HNW 3 Pole. Tiga buah generator Perkins 1250 kVA, dengan kabel penghantar N2XFGbY 3x (2x300 mm<sup>2</sup>) dan CB Cutler-Hammer HNW 3 Pole. Penentuan KHA kabel sudah sesuai dengan standar PUIL nomor 5.6.1.3 dan 7.3.9 sedangkan penentuan kapasitas CB sudah sesuai dengan standar PUIL nomor 5.5.5.2.3. 4. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, nilai tegangan pada bus motor pada saat semua motor sudah berjalan tidak ada yang di bawah 80%. Hal ini sesuai dengan standar yang digunakan yaitu standar IEEE P3002.7/D9

#### Referensi

- [1]. Ahmad Ali Kafi, Yonatan Heriyanto, Suseno Darsono. "Perencanaan Sistem Drainase Pada Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang", Jurnal Karya Teknik Sipil, vol. 7, no. 1, 2017.
- [2]. Sunarlik, Wahyu. "Prinsip Kerja Generator Sinkron", Universitas Pawayatan Daha, Jawa Timur. 2008
- [3]. Sumanto. "Mesin Sinkron", Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 1996
- [4]. Ir. Sunarno, M.Eng., Ph.D. "Mekanikal Elektrikal," C.V. Andi Offset; Yogyakarta, 2005
- [5]. Wildi, Theodore. "Electrical Machines, Drives, and Power Systems", Pearson Education, Inc; New Jersey. 1981
- [6]. Laras, Djoko. "Materi Instalasi Listrik", Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2000
- [13]. <http://www.automationid.com/2012/6-jenis-meterial-selubung-kabel.html>, diakses pada 3 Agustus 2018
- [14]. Rahmat, Fathul. "Analisis Instalasi Motor Listrik pada Substation 2 di PT Pertamina RU V Balikpapan", Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2017
- [15]. PUIL 2000, PLN, Indonesia, 2000
- [16]. <https://direktorilistrik.blogspot.com/2013/10/perhitungan-voltage-drop-tegangan-jatuh-pada-kabel.html>, diakses pada Agustus 2018
- [17]. <https://www.plcdroid.com/2018/03/setting-mccb.html>, diakses pada 9 Agustus 2018
- [19]. <http://cval-afdal.blogspot.com/2016/03/cara-kerja-circuit-breaker-trip.html>, diakses pada 10 Agustus 2018
- [20]. <http://belajarelektroika.net/pengertian-mcb-fungsi-jenis-dan-prinsip-kerjanya/>, diakses pada 12 Agustus 2018
- [21]. Atmam, Daniel Meliala, dkk. "Analisis Sistem Kelistrikan di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru dengan Menggunakan Electric Transient and Analysis Program (ETAP)", Jurnal Teknologi, Volume 8 No. 2, 2015
- [22]. <https://www.nationalpump.com.au/calculators/guide-to-choosing-generator-to-motor-size/>, diakses pada 13 Agustus 2018
- [23]. <https://www.ecmweb.com/basics/sizing-gen-sets-large-motor-starting>, diakses pada 20 Agustus 2018
- [24]. [https://www.engineeringtoolbox.com/locked-rotor-code-d\\_917.html](https://www.engineeringtoolbox.com/locked-rotor-code-d_917.html), diakses pada 20 Agustus 2018