

ANALISIS TEORITIS BEBAN TERPAKAI UNTUK MENENTUKAN PENAMBAHAN BEBAN PADA PHASE R, S DAN T DI BANDAR UDARA "X"

Nurhedhi Desryanto

Dosen Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug PO Box 509 Tangerang (15001)

Abstrak: Bandar Udara "X" berlangganan listrik dari PLN (sebagai catu daya utama) sebesar 690 KVA, dengan dua generating set (sebagai catu daya cadangan) berkapasitas sebesar 347 KVA dan 265 KVA dengan beban terpasang sebesar 645 KVA. Timbul permasalahan pada jumlah energi listrik yang tersedia, terutama pada catu daya cadangan bila terjadi penambahan beban. Analisis dilaksanakan dengan menggunakan korelasi dan regresi, uji data normalitas dengan uji lilifors, homogenitas dengan uji barlett, analisa korelasi dengan product moment pearson, step wise dan regresi linier sederhana. Berdasarkan hasil perhitungan analisis regresi dan korelasi didapat bahwa ada korelasi yang sangat kuat sebesar 0,84 antara beban terpakai pada phase R dengan jumlah beban yang diserap dengan koefisien determinasi (penentu) sebesar 0,7056, artinya 70,56 % jumlah beban yang diserap ditentukan oleh beban terpakai pada phase R, sedangkan 29,44 % oleh faktor lain.

Kata Kunci : *catu daya, generator tiga fasa, beban terpakai*

PENDAHULUAN

Bandar udara adalah tempat pelayanan jasa penerbangan dan merupakan pintu gerbang bagi suatu daerah wisata, bisnis dan transaksi-transaksi lainnya yang berhubungan dengan pelayanan umum. Untuk itu bandar udara dituntut untuk dapat memberikan pelayanan umum dan keselamatan penerbangan yang terbaik bagi pengguna jasa penerbangan tersebut. Bandar udara mempunyai banyak fasilitas dan yang menggunakan tenaga listrik, dibagi menjadi dua bagian yang berbeda, yaitu *essensial* dan *non essensial*. Yang *essensial* tenaga listriknya tidak dibenarkan mati (*off*) lebih dari 15 detik, misalnya pada peralatan-peralatan navigasi (VOR, NDB, ILS), peralatan *Visual Aids RW light, TX light, VASI, Approach Light*, peralatan mechanical AC, kompresor, timbangan, peralatan *communication* dan *computer*.

Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listriknya seringkali bandar udara tidak dapat mengendalikan atau dalam kata lain catu daya utamanya masih sering terjadi *off* (mati). Untuk itu perlu diadakan catu daya cadangan (*back up*) pembangkit tenaga listrik, yakni *generating set* (*genset*). *Genset* adalah sebuah peralatan yang terdiri dari mesin penggerak (*engine*) dan generator. *Genset* di bandar udara dipasang sebagai catu daya cadangan, yaitu apabila sumber utamanya (PLN) *off*, dengan peralatan otomatis, sumber utamanya akan segera digantikan oleh catu daya cadangan (*generating set*). Ketiadaan sumber daya utama harus digantikan sumber catu daya cadangan yang tenggang waktu tidak boleh lebih dari 15 detik. Ini menyangkut keselamatan penerbangan, pelayanan dan kenyamanan penumpang, serta pelayanan-pelayanan lainnya yang menyangkut pengguna jasa penerbangan.

Sebagai contoh obyek penelitian, Bandar Udara "X" mempunyai catu daya utama terpasang sebesar 690 KVA, beban terpasang sebesar 645 KVA dan catu daya cadangan (genset) sebesar 347 KVA dan 265 KVA. Catu daya cadangan diinstalasi secara sendiri-sendiri, artinya dari kedua genset tersebut tidak dapat dioperasikan bersama-sama (sinkronisasi), sehingga dalam operasionalnya, pada saat catu daya utamanya *off*, maka secara otomatis beban akan diambil alih oleh salah satu dari genset tersebut. Pengalihan beban dari catu daya utama ke catu daya cadangan dengan waktu ± 15 detik, mengharuskan catu daya cadangan (genset) siap operasional. Kesiapan ini juga dipengaruhi oleh pengaturan keseimbangan beban pada tiap phasanya (R, S dan T), karena dengan adanya keseimbangan beban, tidak akan terjadi hal-hal yang akan mempengaruhi kerja dari genset tersebut.

METODE

Penelitian yang dilaksanakan menggunakan metode kepustakaan, dengan mempelajari teori-teori dari buku mengenai teknik listrik,

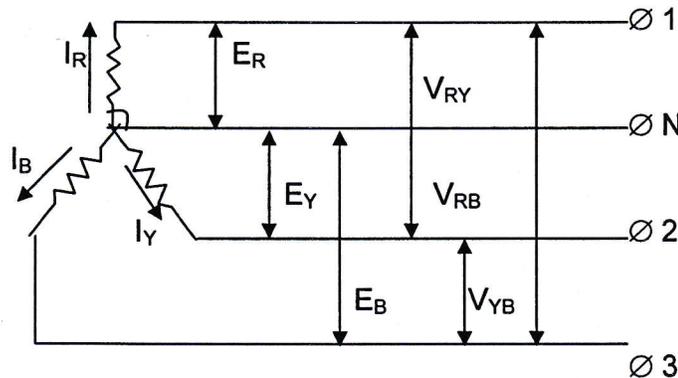
khususnya tentang sistem fasilitas listrik bandar udara.

LANDASAN TEORI

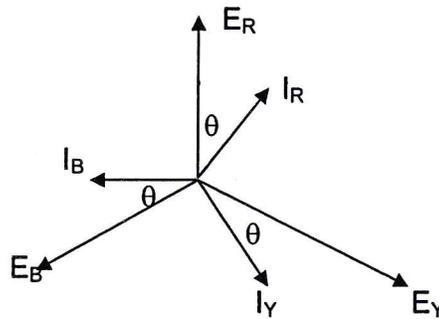
Hampir semua catu daya listrik berasal dari sumber fasa majemuk (3 fasa) frekuensi 50 Hz. Rangkaian listrik tiga fasa diberi energi oleh ggl (gaya gerak listrik) bolak-balik dengan frekuensi yang sama dan berbeda fasa 120° listrik. Ketiga ggl gelombang sinus dibangkitkan dalam tiga pasang kumparan jangkar yang dipasang terpisah 120° listrik pada jangkar generator. Ada tiga cara hubungan generator tiga fasa yaitu hubungan bintang (Y) dan hubungan delta (Δ).

Hubungan Bintang (Y)

Tegangan yang diinduksi-kan di tiap belitan disebut tegangan Fase (E_R, E_Y, E_B) dan arusnya dikatakan arus fase (I_R, I_Y, I_B) tegangan antara dua terminal disebut tegangan line (V_L), dan arus yang mengalir di tiap line disebut arus line (I_L).



Gambar 1. Kumparan Jangkar Hubungan Y Empat Kawat
(Sumber : Electric Technology, h. 567)



Gambar 2. Diagram Phasor Arus dan Tegangan Hubungan Y
(Sumber : Electric Technology, h. 567)

Tegangan fase = E_R, E_Y, E_B

Arus pada line 1 = I_R

Arus pada line 2 = I_Y

Arus pada line 3 = I_B

Jadi pada hubungan Y, $I_L = I_{ph}$

Berdasarkan gambar 2, tampak bahwa:

$$\begin{aligned} V_{RY} &= E_R - E_Y, \text{ beda vektor} \\ &= 2 \times E_{ph} \times \cos 30^\circ \\ &= \sqrt{3} E_{ph} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{YB} &= E_Y - E_B, \text{ beda vektor} \\ &= \sqrt{3} E_{ph} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{BR} &= E_B - E_R, \text{ beda vektor} \\ &= \sqrt{3} E_{ph} \end{aligned}$$

Jadi tegangan line:

$$V_L = V_{RY} = V_{YB} = V_{BR} = \sqrt{3} E_{ph}$$

Hubungan Delta (Δ)

Hubungan kumparan jangkar (dalam generator), atau kumparan transformator, jika kedua ujung kumparan yang berbeda dihubungkan hingga membentuk rangkaian

tertutup, hubungan semacam ini disebut hubungan delta (Δ). Tegangan line dan tegangan fase dalam delta:

$$V_{RY} = V_{RB} = V_{YB} = V_L = V_{ph}, \text{ atau tegangan line} = \text{Tegangan fase}$$

Arus disetiap line merupakan beda vektor dari dua fase arus yang mengalir pada line tersebut. Sudut antara I_R dan negatif I_B adalah 60° .

$I_R; I_Y; \text{ dan } I_B = I_{ph}$ (arus fase)

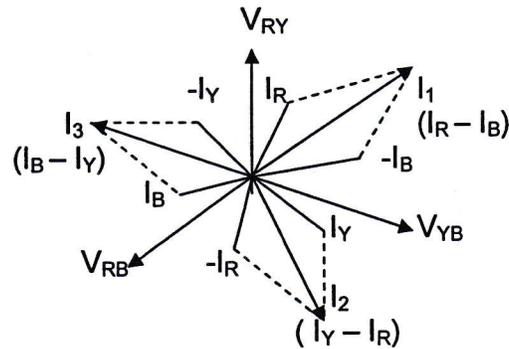
$$\begin{aligned} I_1 &= (I_R - I_B) \\ &= 2 \times I_{ph} \cos (60^\circ/2) \\ &= 2 \times I_{ph} \times \cos 30^\circ \\ &= 2 \times I_{ph} \times \sqrt{3}/2 \end{aligned}$$

$$I_1 = \sqrt{3} I_{ph}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_Y - I_R \\ &= \sqrt{3} I_{ph} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_3 &= I_B - I_R \\ &= \sqrt{3} I_{ph} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } I_1, I_2, I_3 = I_L = I_{ph}$$



Gambar 5. Diagram Phasor Arus dan Tegangan Hubungan Delta
(Sumber : Electric Technology, h. 573)

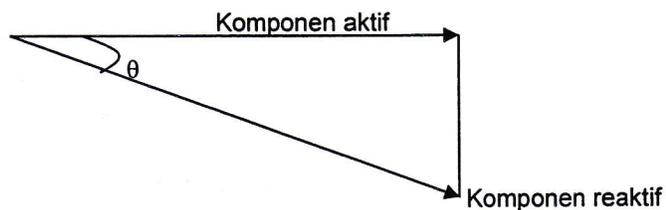
Komponen Aktif dan Reaktif

Arus yang mengalir dalam rangkaian AC (arus bolak-balik), dapat dianggap terdiri dari dua komponen yaitu komponen yang sefase dengan tegangan disebut komponen aktif, dan komponen yang berbeda fase dengan tegangan disebut komponen reaktif.

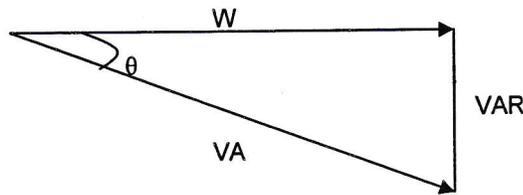
Pada gambar 6 ditunjukkan bahwa makin besar sudut θ , makin besar harga komponen reaktif, dan makin kecil harga komponen aktif dari harga arus total yang diberikan.

Cosinus sudut fase θ adalah perbandingan arus aktif terhadap arus total atau $\cos = I \text{ aktif} / I$, sehingga $I \text{ aktif} = I \cos \theta$.

Karena daya nyata adalah tegangan dikalikan komponen aktif arus maka $P = V \times I \text{ aktif}$, sehingga $P = V \times I \cos \theta$ (dalam watt). Karena daya adalah $V \cdot I$ dikalikan faktor daya, maka faktor daya suatu rangkaian AC sama dengan cosinus sudut fase.



Gambar 6. Dua komponen arus dalam rangkaian AC
(Sumber : Mesin dan Rangkaian Listrik, h. 146)



Gambar 7. Segitiga Daya
(Sumber : Mesin dan Rangkaian Listrik, h. 147)

Segitiga Daya

Hubungan antara daya (P) dalam Watt, volt ampere (S) dalam VA, dan volt ampere reaktif (Q) dalam VAR, dapat dinyatakan dalam segitiga daya seperti ditunjukkan dalam gambar 7. Sudut θ adalah sudut fasa rangkaian, alas segitiga menyatakan daya nyata (W), tingginya menyatakan volt ampere reaktif (VAR), dan hipotenusa (sisi miring) menyatakan volt ampere (VA). Karena volt ampere (S) sama dengan $V \cdot I$, daya nyata (P) adalah $V \cdot I \cdot \cos \theta$, dan volt ampere reaktif (Q) = $V \cdot I \cdot \sin \theta$. Terjadilah hubungan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Daya total dalam sistim tiga fasa adalah penjumlahan ketiga daya tiap fasa atau:

$$P = 3P_p = 3 \times V_p \times I_p \cos \theta.$$

Maka dalam hubungan Y,

$$I_p = I_L \text{ dan } V_p = V_L / \sqrt{3},$$

$$P = 3 \times V_L / \sqrt{3} \times I_L \times \cos \theta.$$

$$P = 3 \times V_L \times I_L \times \cos \theta$$

Dalam hubungan Δ ,

$$V_p = V_L \text{ dan } I_p = I_L / \sqrt{3}$$

$$P = 3 \times V_L \times I_L / \sqrt{3} \times \cos \theta.$$

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \theta$$

Pengukuran Faktor Daya

Untuk menghitung sudut fasa atau faktor daya diperlukan pengukuran arus, tegangan dan daya, atau pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur Rasio Type Elektro Dinamis yang dilengkapi dengan sirkuit khusus yang terdiri dari tahanan R dan kapasitas C, sehingga faktor daya $\cos \theta$ dapat diketahui.

Faktor Pemakaian Catu Daya

a. Daya Rata-rata

Daya rata-rata adalah pemakaian daya rata-rata selama periode waktu tertentu:

$$\text{Daya rata-rata} = \frac{\text{KWH terpakai}}{\text{Waktu (jam)}}$$

b. Faktor Permintaan

Faktor permintaan beban adalah perbandingan antara permintaan beban daya nyata maksimum dengan beban tersambung.

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{Permintaan Maks}}{\text{Beban tersambung}}$$

Faktor permintaan diperkenalkan karena kenyataan dalam kondisi normal, permintaan maksimum dalam KW atau KVA, selalu lebih kecil dari kapasitas tersambung. Kondisi ini disebabkan pemakai listrik

jarang terjadi pada saat yang bersamaan, memakai beban maksimumnya, dan jarang peralatan listrik bekerja pada beban penuh terus menerus.

c. Faktor Beban

Faktor beban merupakan perbandingan daya rata-rata dengan permintaan maksimum yang diperkenankan.

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{Daya rata-rata}}{\text{Perm. daya maks}}$$

d. Faktor Perbedaan

Adalah perbandingan antara jumlah permintaan daya terpasang dengan permintaan maksimum yang diperkenankan.

$$\text{Fakt.Perb.} = \frac{\text{Jml perm. max. ind.}}{\text{Jml max. semua bbn.}}$$

Tabel 1. Beban pada tiap fase.

No.	TOTAL BEBAN YANG DISERAP (Y)	BEBAN TERPAKAI (x100 VA)		
		R (X ₁)	R (X ₂)	R (X ₃)
1.	3058	1265	880	913
2.	3091	1331	803	957
3.	2970	1232	858	880
4.	3080	1298	847	935
5.	3014	1287	803	924
6.	2937	1232	814	891
7.	3036	1254	869	913
8.	3058	1298	847	913
9.	3025	1287	814	924
10.	3047	1243	902	902
11.	3179	1353	858	968
12.	3069	1298	836	935
13.	3058	1265	880	913
14.	3146	1342	847	957
15.	3036	1287	825	924
16.	3014	1254	858	902
17.	3135	1320	869	946
18.	3036	1265	836	935
19.	3102	1320	847	935
20.	3003	1287	792	924
21.	2915	1210	825	880
22.	3025	1243	891	891
23.	3047	1221	858	968
24.	3069	1298	836	935
25.	3047	1265	869	913
26.	3091	1320	825	946
27.	2959	1254	814	891
28.	3025	1243	880	902
29.	3135	1331	847	957
30.	3047	1287	836	924
Σ	91.454	38.390	25.366	27.698

PENELITIAN

Data yang digunakan merupakan hasil laporan bulanan, yang diambil dari pengukuran arus dengan ampere meter yang ada di panel utama pada saat peak hours. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran, yang diambil satu minggu sekali (sebanyak 52 data), melalui teknik sampling random sederhana, diambil 30 data dengan menggunakan tabel bilangan random. Data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data, selanjutnya diolah melalui proses editing dan tabulasi, yaitu menyusun data yang berupa angka, kemudian disusun dalam bentuk tabel. Sebagai variabel terikat (Y), yaitu jumlah daya yang diserap dan sebagai variabel bebas (X_1 , X_2 , X_3) yaitu beban pada tiap phasanya.

Hasil perhitungan didapatkan nilai korelasi antara X_1 dengan Y sebesar 0,84; X_2 dengan Y sebesar 0,25; X_3 dengan Y sebesar 0,82; X_1 dengan X_2 sebesar -0,21; X_2 dengan X_3 sebesar 0,75; dan X_2 dengan X_3 sebesar 0,15.

Step wise dilakukan untuk menghilangkan nilai/angka korelasi yang kecil, dengan kata lain hanya mengambil nilai/angka korelasi yang paling besar. Dari hasil perhitungan yang menggunakan korelasi *product moment* terbukti, bahwa hipotesis hubungan dua variabel yang kuat ialah antara X_1 dengan Y, dengan nilai korelasi 0,84. Koefisien determinasi r^2 didapatkan nilai 0,7056.

Untuk menetapkan kedua variabel mempunyai hubungan kausal atau tidak, maka digunakan analisis regresi. Analisis regresi dapat digunakan untuk memutuskan, apakah naik dan turunnya variabel terikat dapat dilakukan melalui kenaikan dan menurunkan keadaan variabel bebas, atau untuk meningkatkan keadaan variabel terikat dapat

dilakukan dengan meningkatkan variabel bebas dan sebaliknya. Persamaan regresi $\hat{Y} = 1364,14 + 1,32X$.

PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan regresi dan korelasi, harga a dan b dapat ditemukan, maka persamaan regresi linier sederhana dapat disusun. Nilai beban terpakai dengan jumlah beban yang diserap terdapat korelasi positif yang sangat kuat, sebesar 0,84. Hal ini dibuktikan dari harga P_{tabel} untuk taraf kesalahan 5% dengan $n = 30$, diperoleh angka 0,361. Karena harga r_{hitung} lebih besar dari r_{tabel} , maka tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan positif yang sangat kuat dan signifikan. Sedangkan persamaan regresi nilai jumlah beban yang diserap dan nilai rata-rata beban terpakai adalah $\hat{Y} = 1364,14 + 1,32 X$. Persamaan regresi yang telah ditentukan, dapat digunakan untuk melakukan prediksi (ramalan). Misalnya nilai beban terpakai (X) sebesar 10 maka nilai rata-rata beban yang diserap adalah $\hat{Y} = 1364,14 + 1,32 \cdot (10)$ sehingga didapat nilai 1377,34. Jadi perkiraan nilai rata-rata jumlah beban yang diserap 1377,34. Ini dapat diartikan bahwa, bila nilai beban terpakai bertambah 10, maka nilai rata-rata jumlah beban yang diserap akan bertambah sebesar 13,2.

Dalam analisis ini, didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,7056. Hal ini berarti jumlah beban yang diserap 70,56% ditentukan oleh besarnya beban yang terpakai dan sisanya 29,44% oleh faktor lain.

KESIMPULAN

Dari hasil olah data dan analisis regresi dan korelasi, didapat nilai korelasi antara jumlah beban yang diserap, dengan beban terpakai pada phase R, S dan T sebesar 0,84