

# STUDI PENENTUAN PENGGANTIAN TRANSFORMATOR GARDU INDUK DENGAN MEMREDIKSI BEBAN KONSUMEN

**Feby Ardianto**

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang.  
ardianto.feby@gmail.com

## Abstrak

Kebutuhan energi listrik selalu bertambah dari waktu ke waktu seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk yang diikuti berkembangnya sektor pembangunan perumahan. Untuk menjamin kontinuitas suplai energi listrik dari pembangkit sampai ke konsumen diperlukan peralatan sistem penyalur yang baik. Salah satu komponen penyalur tersebut adalah gardu induk. PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai pemasok tegangan listrik perlu mengevaluasi transformator yang ada pada gardu induk untuk melayani kebutuhan beban listrik konsumen. Penelitian ini mengambil tema tentang penentuan penggantian transformator gardu induk dengan memprediksi beban konsumen yang dapat melakukan identifikasi awal kemungkinan kekurangan daya pada trafo gardu induk dalam melayani perkembangan beban. Data historis beban puncak pemakaian yang ada diformulasikan dengan menggunakan model *trend moment* kemudian digabungkan dengan model pemakaian beban konsumen untuk dijadikan variabel data dalam perhitungan model *roll-up force-down* untuk menetapkan nilai total bisnis manajemen. Hasil perhitungan *roll-up force-down* akan dibandingkan dengan kapasitas trafo yang terpasang. Penentuan penggantian trafo gardu induk menggunakan model *trend moment*, model pemakaian beban, model *roll-up force-down* dan model perhitungan. Penggunaan model-model tersebut dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi dan mengurangi kemungkinan kekurangan tenaga listrik dimasa yang akan datang dan mengetahui berapa besar nilai total bisnis manajemen yang dapat ditanggung transformator gardu induk dengan kapasitas yang terpasang.

*Kata kunci : transformator gardu induk, trend moment, roll-up force-down*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik selalu bertambah dari waktu ke waktu seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang diikuti berkembangnya sektor pembangunan perumahan atau bangunan baru serta berkembangnya sektor industri yang akan memerlukan energi listrik. Untuk menjamin kontinuitas suplai energi listrik dari pembangkit sampai ke konsumen diperlukan peralatan sistem penyalur yang baik. Salah satu komponen penyalur tersebut adalah gardu induk. Gardu induk berfungsi untuk menerima daya listrik dari suatu jaringan atau pembangkit dan merubah tegangan ke tegangan yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan. Peralatan gardu induk yang dapat merubah tegangan adalah transformator. Besarnya kapasitas transformator menunjukkan kemampuan gardu induk tersebut dalam melayani perkembangan beban.

Keandalan sistem adalah peluang suatu komponen atau sistem dalam memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode tertentu. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik yang mempunyai tingkat keandalan yang baik. Pada sistem distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satu satuan waktu, misalkan dalam satu tahun. Dengan tingkat keandalan yang sesuai dengan standar, masyarakat pengguna dapat menikmati energi listrik secara berkelanjutan (Sumarno, 2011).

Dari data kegagalan dalam transformator gardu induk dapat dihitung indeks keandalan transformator gardu induk. Adapun metode yang digunakan untuk mengolah data adalah metode simulasi Monte Carlo (Prabowo, 2011). Oleh karena itu, untuk menjamin suplai tegangan listrik dari pembangkit ke konsumen diperlukan suatu transformator gardu induk yang mampu menanggung permintaan beban konsumen. Dalam hal ini PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai pemasok tegangan listrik perlu mengevaluasi transformator yang ada pada gardu induk dalam melayani kebutuhan beban listrik konsumen. Para manager dan operator harus mampu memantau kemampuan transformator dalam melayani beban, terutama untuk menentukan transformator mana yang harus diganti terlebih dahulu, karena kapasitas tidak lagi mampu menanggung beban. Oleh karena itu diperlukan optimasi untuk penentuan penggantian transformator gardu induk dengan cara memprediksi beban konsumen dengan metode *roll-up force down*.

Peramalan *roll – up force – down* dengan memasukan pertimbangan dari pihak manajemen serta pihak – pihak yang terlibat dalam pemasaran produk sering juga disebut sebagai teknik piramida, dengan mengelompokkan menjadi tiga menurut jenis agregasinya, yaitu agregasi berdasarkan waktu, agregasi berdasarkan lokasi geografis dan agregasi berdasarkan produk (Gaspersz, 1998). Penelitian ini menggunakan model agregasi produk yang menggunakan data beban historis konsumen, dengan menggunakan data pengukuran pada transformator gardu induk yang dilakukan oleh PT. PLN.

PT. PLN yang merupakan satu-satunya penyuplai energi listrik di Indonesia, belum maksimal dalam mengevaluasi transformator gardu induk sehingga sering terjadi terbakarnya transformator gardu induk dikarenakan pada pemakaian konsumen melebihi kapasitas transformator, sehingga terjadi pemadaman aliran listrik di wilayah saluran sub sistem dari gardu induk tersebut. Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana cara menentukan penggantian transformator gardu induk dengan memprediksi beban konsumen sehingga dapat mendukung kebijakan manajemen dalam menentukan total bisnis (target) dimasa yang akan datang. Penelitian ini diharapkan dapat melakukan pengambilan keputusan secara lebih baik untuk dapat menjamin suplai daya listrik konsumen.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi transformator pada gardu induk dengan memprediksi beban konsumen, mengetahui berapa besar total bisnis (target) manajemen yang dapat ditanggung transformator dengan kapasitas terpasang sehingga diharapkan tidak terjadi pemadaman energi listrik dikarenakan kapasitas transformator gardu induk tidak mampu menanggung besarnya permintaan konsumen.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pembangkit Tenaga Listrik

Tenaga listrik dibangkitkan dari pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTP dan PLTD kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan

tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step-up transformer*) yang ada di pusat pembangkitan, untuk tegangan 500 KV dalam saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi (TET). Untuk tegangan tinggi (TT) memiliki standar tegangan 150 KV, 70 KV dan 30 KV. Untuk tegangan menengah (TM) standard tegangannya 20 KV dan untuk tegangan rendah (TR) standard tegangannya 220 V (Pandjaitan, 1999).

### Klasifikasi Beban

Umumnya beban listrik dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis, yaitu; beban perumahan yang terbagi atas daerah kota dan daerah pedesaan, beban komersil meliputi daerah perdagangan dan *shopping center*, dan beban industri terbagi atas industri besar dan industri kecil (Stevenson, 1993).

### Peramalan Beban

Gardu induk yang merupakan salah satu sistem penyalur tenaga listrik yang berfungsi sebagai penurun tegangan (*step-down transformer*) dari tegangan tinggi menjadi tegangan menengah. Peramalan beban listrik pada gardu induk merupakan suatu usaha untuk memperkirakan beban yang ditanggung oleh transformator gardu induk. Kemampuan suatu gardu induk untuk melayani perkembangan beban pada masa yang akan datang tergantung dari kapasitas transformator dari gardu induk. Dengan meramalkan beban pemakaian konsumen yang mengacu kepada data historis pemakaian beban konsumen, di masa yang akan datang tidak terjadi "*overload*" yang mengakibatkan kapasitas transformator gardu induk tidak mampu lagi menanggung permintaan beban konsumen.

### Metode Trend Moment

Metode *trend moment* pada dasarnya menggunakan prinsip yang sama, yaitu berusaha mengubah atau mengganti garis patah-patah pada grafik yang dibentuk oleh data historis, menjadi garis yang lebih teratur bentuknya (misalnya bentuk garis lurus, bentuk garis lengkung dan sebagainya). Penggantian atau perubahan menjadi garis yang lebih teratur bentuknya, maka akan dapat diketahui kelanjutan garis-garis tersebut pada waktu-waktu yang akan datang, yaitu dengan cara melanjutkan atau memperpanjang garis-garis tersebut sesuai dengan irama keteraturannya.

Metode *trend moment* menggunakan cara-cara perhitungan statistika dan matematika tertentu untuk mengetahui fungsi garis lurus sebagai pengganti garis patah-patah yang dibentuk oleh data historis perusahaan. Dengan demikian pengaruh unsur subyektif dapat dihindari. Persamaan *trend* dengan metode moment terlihat pada persamaan 1.

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Dengan :

- Y : nilai *trend (forecast)*.
- A : intersep
- B : *slope* atau kecenderungan garis *trend*.
- X : indeks waktu ( $x = 1, 2, 3, \dots, n$ )

Sedangkan untuk menghitung nilai a dan b menggunakan rumus :

$$\sum Y_i = n.a + b\sum X_i \quad (2)$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = a \sum X_i + b \sum X_i^2 \tag{3}$$

Terdapat cara lain untuk menghitung nilai a dan b dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - n (X_{i\text{bar}}) (Y_{i\text{bar}})}{\sum X_i^2 - n (X_{i\text{bar}})^2} \tag{4}$$

$$a = Y_{i\text{bar}} - b(X_{i\text{bar}}) \tag{5}$$

Dengan :

$\sum Y_i$  : jumlah kumulatif data historis.

n : banyaknya periode waktu.

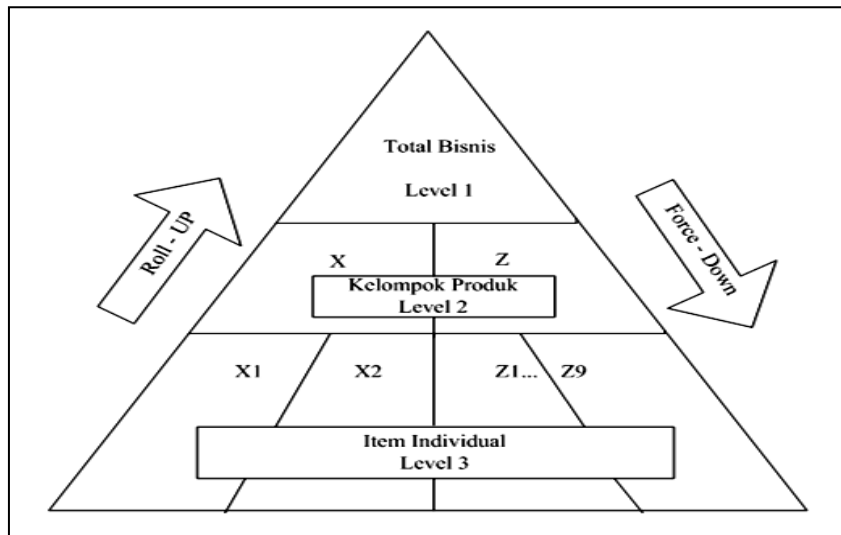
$\sum X_i$  : jumlah kumulatif waktu

$X_{i\text{bar}}$  : nilai rata – rata X

$Y_{i\text{bar}}$  : nilai rata – rata Y

**Metode *Roll-Up Force-Down***

Peramalan *roll-up force-down* dengan memasukan pertimbangan dari pihak manajemen serta pihak-pihak yang terlibat dalam pemasaran produk. Peramalan *roll-up force-down* sering juga disebut sebagai teknik piramida. Permalan berdasarkan teknik *roll-up force-down* dapat dikelompokkan menjadi tiga menurut jenis agregasinya, yaitu agregasi berdasarkan waktu, agregari berdasarkan lokasi geografis dan agregasi berdasarkan produk (Gaspersz, 1998). Penelitian ini menggunakan model agregasi produk yang menggunakan data beban historis konsumen dengan menggunakan data pengukuran pada transformator gardu induk yang di lakukan oleh PT. PLN. Teknik *roll- up force – down* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Proses *roll-up force-down***  
(Sumber : Gaspersz, 1998)

Gambar 1 memperlihatkan terdapat 11 item individual yang dibagi kedalam dua kelompok produk. Kedua item itu, yaitu : X1 dan X2 membentuk kelompok produk X dan sembilan produk lainnya, yaitu : Z1 sampai dengan Z9 membentuk kelompok Z. Kedua kelompok tersebut mewakili seluruh produk dari perusahaan.

### **Metode Roll-Up**

Proses *roll-up* dimulai dengan menjumlahkan nilai ramalan item individual (level 3) untuk memperoleh nilai total dari setiap kelompok (level 2). Pada sisi lain, terdapat nilai ramalan kelompok (*group forecast*) yang berdasarkan pada peramalan terhadap kelompok produk secara langsung, dan bukan berdasarkan pada penjumlahan dari nilai –nilai ramalan terhadap item individual dalam kelompok. Pada level 2 juga dihitung harga rata – rata per unit dari kelompok untuk dapat digunakan dalam *roll-up forecast* pada level 1 (tingkat total bisnis). Sisi lain, pihak manajemen puncak juga melakukan peramalan bisnis total secara bebas sesuai secara bebas tanpa memperhatikan hasil –hasil dalam *roll-up forecast*. Selanjutnya pada level 1 dilakukan perbandingan hasil peramalan bisnis total yang dilakukan oleh pihak manajemen puncak.

### **Metode Force-Down**

Proses *force-down* langkahnya mirip dengan *roll-up*, hanya saja arahnya dari atas (level 1) menuju ke bawah (level 3). Nilai teratas ( ramalan manajemen) adalah nilai yang ditetapkan oleh manajemen puncak dengan berbagai pertimbangan. Sedangkan nilai ramalan untuk level dibawah dihitung sebagai berikut :

$$\text{Forced Down Forecast( level 2) =} \\ (\text{Ramalan Manajemen/Roll-Up Forecast}) \times \text{Ramalan Awal} \quad (6)$$

$$\text{Forced down Forecast (level 3) =} \\ (\text{Forced down Forecast (level 2) / Roll-Up Forecast (level 2) } \times \text{Ramalan Awal} \quad (7)$$

*Forced down forecast* pada level 3 merupakan ramalan untuk item individual dan angka inilah yang akan dipergunakan sebagai informasi ramalan penjualan atas permintaan. Perbandingan angka ramalan awal untuk item individual, tampak bahwa peramalan berdasarkan teknik tersebut mengkombinasikan letak dari bawah ke atas dan dari atas ke bawah (*roll-up force down*), yang mengkombinasikan berbagai informasi dari pihak manajemen level 3 kepada pihak manajemen level 1 untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat (Gaspersz, 1998). Peramalan berdasarkan teknik *roll – up force – down* harus terus menerus dipantau untuk dijadikan masukan peramalan pada tahun berikutnya.

## **METODELOGI**

### **Umum**

Penelitian penggantian trafo gardu induk memerlukan beberapa data berupa :

1. Adanya data wilayah, meliputi data kapasitas transformator, data beban puncak transformator, dan indek waktu pengukuran, tarip dasar listrik.
2. Adanya manajemen *policy maker* yang bertugas sebagai pejabat penentu kebijakan untuk menetapkan besarnya total bisnis yang akan ditetapkan.

Penelitian ini mengambil data pada PT. PLN (Persero) S2JB yang berlokasi di Palembang. Peneliti memilih dua wilayah yang akan di jadikan sampel data, yaitu Bukit Siguntang dan Talang Ratu seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Wilayah gardu induk dan kapasitas transformator**

No.	Wilayah	Transformator	Kapasitas
1	Bukit Siguntang	1	15 MVA
		2	15 MVA
2	Talang Ratu	1	5 MVA
		2	5 MVA
		3	10 MVA
		4	10 MVA

### Data Eksternal

Data eksternal merupakan data yang berasal dari luar organisasi tetapi mempengaruhi sistem pendukung keputusan. Data eksternal untuk sistem pendukung keputusan yang dikembangkan ini adalah peraturan pemerintah, data ini berisikan tentang peraturan pemerintah yang akan digunakan untuk menentukan tarif dasar listrik (TDL)( Perpres no. 8 Tahun 2011)

### Data Internal

Data internal merupakan data yang berasal dari dalam organisasi, data internal berupa :

1. Data wilayah gardu induk, yang meliputi jumlah transformator dan indek waktu pengukuran.
2. Data kapasitas transformator gardu induk
3. Data beban puncak pemakaian konsumen, data ini diambil dengan cara pengukuran beban pada transformator gardu induk yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero).

## PEMBAHASAN

### Penentuan Penggantian Transformator

Penentuan penggantian transformator gardu induk menggunakan teknik *roll-up force-down*, dibuat dalam 4 bagian yaitu pertama adalah model *trend moment* kemudian yang kedua model perhitungan pemakaian beban konsumen dan ketiga model perhitungan dengan mengkombinasikan pendekatan dari bawah keatas (*roll-up force-down* ) yang mengkombinasikan berbagai informasi dari pihak manajemen dan ke empat model hasil perhitungan.

### Metode Trend Moment

Model *trend moment* dipergunakan sebagai model peramalan apabila hitoris dari data aktual permintaan menunjukkan adanya suatu kecenderungan menaik dari waktu – ke waktu. Contoh penerapan rumus tersebut untuk menyelesaikan peramalan beban puncak pada transformator gardu induk, dimana sumber data yang tersedia untuk diolah adalah data beban puncak pemakain konsumen PT. PLN (Persero) S2JB Palembang. Berikut ini merupakan data beban

puncak pada transformator gardu induk. Untuk perhitungan menggunakan model *trend moment* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perhitung beban puncak menggunakan metode *trend moment***

Wilayah	Trafo	Kapasitas	Bulan	Indek Waktu	Beban Puncak	X.Y	X <sup>2</sup>
				X	Y		
Bukit Siguntang	1	15 MVA					
			Oktober	1	8.4	8.44	1
			November	2	10.6	21.11	4
			Desember	3	11.6	34.83	9
			Januari	4	7.4	29.56	16
			Februari	5	13.7	68.61	25
			Maret	6	8.4	50.67	36
			April	7	10.6	73.89	49
			Juni	8	11.6	92.89	64
			Juli	9	13.7	123.50	81
			Mei	10	11.6	116.11	100
			Agustus	11	13.7	150.94	121
Septerber	12	10.6	126.67	144			
<b>TOTAL</b>				78	131.94	897.22	650
<b>RATA-RATA</b>				6.5	11.00		

Perhitungan motode *trend moment* menggunakan persamaan 4 dan persamaan 5, sehingga didapatkan hasil perhitungan :

$$= \frac{\sum XiYi - n (Xi_{bar})(Yi_{bar})}{\sum Xi^2 - n (Xi_{bar})^2}$$

$$= \frac{897,22 - 12 (6,5)(11,00)}{650 - 12 (6,5)^2} = 0,27$$

$$a = Yi_{bar} - b(Xi_{bar})$$

$$a = 11,00 - 0,27(6,5) = 9,225$$

Untuk persamaan *trend* menggunakan persamaan 1 :

$$Y = a + bX$$

Sehingga nilai trend bulan November 2012 :

$$Y = 9,225 + 0,27 (13)$$

$$= 12,735$$

Jadi pada bulan November 2012 dapat diramalkan beban puncak sebesar 12.735 MW.

### Perhitungan Pemakaian Beban Konsumen

Model perhitungan pemakaian beban konsumen untuk mendapatkan jumlah pemakaian beban pada setiap trafo gardu induk, seperti persamaan berikut ini :

Pemakaian beban konsumen (Rp) =

Nilai peramalan beban puncak setiap transformator (*Hasil Perhitungan Trand Moment*) x tarif dasar listrik (TDL) x jumlah hari setiap bulan

Pemakaian beban konsumen (Rp) = total penjumlahan pemakaian per blok.

Dari persamaan diatas diketahui jumlah pemakaian beban konsumen untuk masing- masing transformator :

**Tabel 3. Jumlah pemakaian beban konsumen untuk masing-masing transformator tiap wilayah**

No.	Wilayah	Transformator	Jumlah pemakaian beban konsumen (Rp)
1	Bukit Siguntang	1	189,799,499.66
		2	201,960,704.22
2	Talang Ratu	1	61,525,178.64
		2	58,728,337.55
		3	121,065,945.78
		4	71,053,277.21

#### **Perhitungan Roll-Up Force-Down**

Ramalan yang menggunakan metode *roll-up force-down* dengan memasukan faktor pertimbangan dari manajemen dan melibatkan banyak pihak yang terkait. Teknik *roll-up forces-down* sering juga disebut dengan metode teknik piramida.

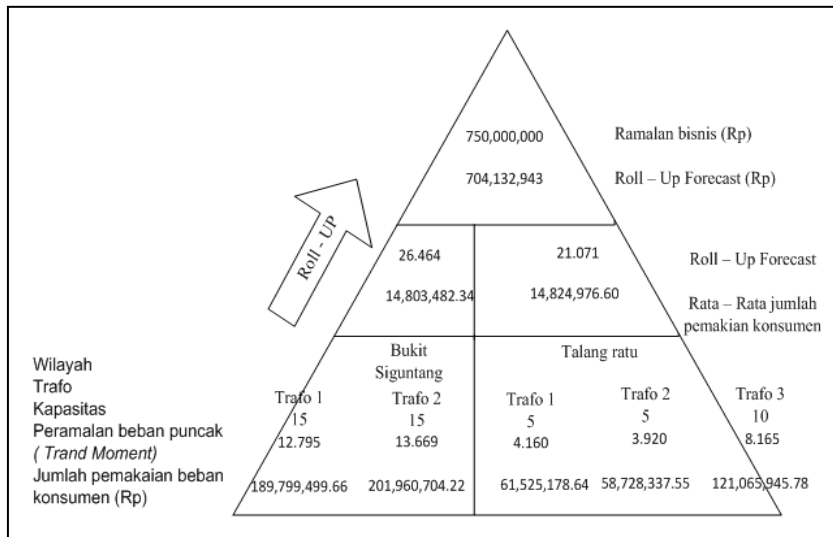
Terdapat 2 item individual transformator gardu induk yang dibagi dalam wilayah. Item pertama adalah wilayah gardu induk Bukit Siguntang dengan menggunakan 2 transformator gardu induk, dengan rincian yaitu transformator 1 dengan kapasitas 15 MW, transformator 1 dengan kapasitas 15 MW . Sedangkan untuk item yang kedua adalah wilayah gardu induk Talang Ratu dengan rincian transformator 1 dengan kapasitas 5 MW, transformator 2 dengan kapasitas 5 MW, transformator 3 dengan kapasitas 10 MW, transformator 4 dengan kapasitas 10 MW.

Proses *roll-up* dimulai dengan menjumlahkan nilai ramalan item individual (level 3) untuk memperoleh nilai total dari setiap wilayah beban puncak transformator gardu induk (level 2). Untuk wilayah gardu induk Bukit Siguntang dengan *roll-up forecast* dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\begin{aligned} \text{Bukit Siguntang (X)} &= \text{Beban Transformator 1} + \text{Beban Transformator 2} \\ &= 12.795 + 13.669 \\ &= 26.464 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Talang Ratu (Z)} &= \text{Beban Transformator 1} + \text{Beban Transformator 2} + \text{Beban} \\ &\quad \text{Transformator 3} + \text{Beban Transformator 4} \\ &= 4.160 + 3.920 + 8.165 + 4.82 \\ &= 21.071 \end{aligned}$$





**Gambar 4. Perhitungan roll-up force-down**

Rata-rata jumlah pemakaian beban (X)

$$= \frac{(189.799.499,66 + 201.969.704,22)}{(12,795 + 13,669)}$$

$$= 14.803.482,34$$

Rata-rata jumlah pemakaian beban (Z)

$$= \frac{(61.525.178,64 + 58.728.337,55 + 121.065.945,78 + 71.053.277,21)}{(4,160 + 3,920 + 8,165 + 4,826)}$$

$$= 14.824.976,60$$

Diketahui nilai roll-up forecast untuk level 2 dimana untuk wilayah Bukit Siguntang (X) = 26.464 dan rata-rata jumlah pemakaian beban konsumen 14.803.482,34, untuk wilayah Talang Ratu (Z) = 21,071 dan rata-rata jumlah pemakaian beban konsumen 14.824.976,60.

Peramalan pada tingkat bisnis total ( level 1) menghasilkan nilai ramalan untuk roll-up forecast sebesar :

Manajemen Puncak (level 1)

$$= (26.464 \times 14.803.482,34) + (21$$

$$= (26.464 \times 14.803.482,34) + (21,071 \times 14.824.976,60)$$

$$= 704.132$$

Sisi lain, pihak manajemen puncak juga melakukan peramalan total bisnis secara bebas tanpa memperhatikan hasil-hasil dalam roll-up forecast. Kemudian pada level 1 ini dilakukan perhitungan hasil ramalan bisnis oleh pihak manajemen puncak dengan yang dilakukan oleh

proses *roll-up*. Apabila terjadi perbedaan nilai antara *roll-up forecast* dan ramalan manajemen puncak, maka manajemen puncak melakukan penyesuaian dan mengeluarkan ketetapan manajemen berkaitan dengan nilai ramalan untuk penjualan beban di masa yang akan datang. Diketahui manajemen telah mengeluarkan ketetapan total bisnis yaitu : 7.500.000.00 dan untuk nilai *roll-up forecast* sebesar 704,132,943. Proses *roll-up* berhenti sampai disini, dilanjutkan dengan melakukan proses *force-down* seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

*Force-down forecast (X)*

$$\begin{aligned} \text{Force - down forecast} &= \left( \frac{\text{Ramalan Manajemen}}{\text{Roll - up forecast Level 1}} \right) \times \text{Roll - Up level 2 (X)} \\ &= \frac{750.000.000}{704.132.943} \times 26.464 \end{aligned}$$

$$\text{Force-down level 2 (X)} = 28.188$$

$$\begin{aligned} \text{Force - down forecast} &= \left( \frac{\text{Ramalan Manajemen}}{\text{Roll - up forecast Level 1}} \right) \times \text{Roll - Up level 2 (Z)} \\ &= \frac{750.000.000}{704.132.943} \times 21.071 \end{aligned}$$

$$\text{Force-down level 2 (Z)} = 22.443$$

Selanjutnya untuk *force-down* level 3 yaitu dengan menggunakan data *force-down* level 2 untuk melakukan *force-down* level 3, yaitu :

$$\text{Force - down (X)} = \left( \frac{\text{Force - down level 2 (X)}}{\text{Roll - up forecast Level 2 (Z)}} \right) \times \text{Forecast level 3 (X)}$$

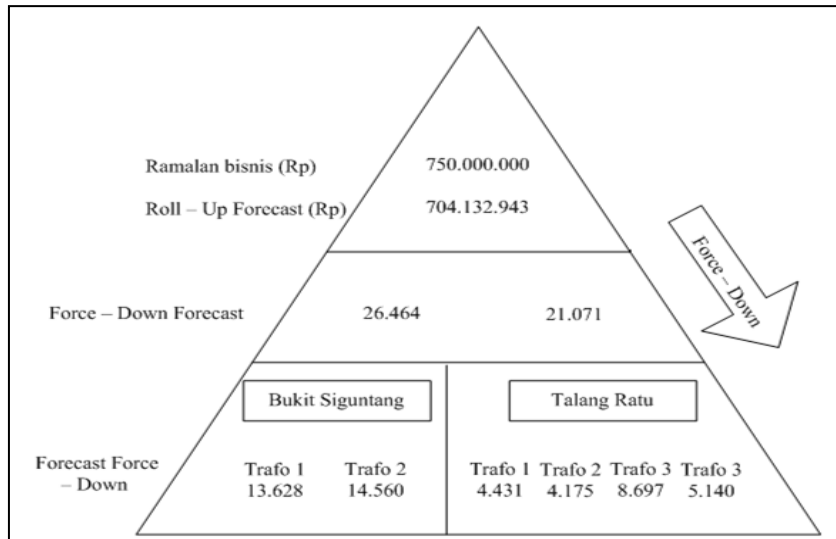
$$\text{Force - down (Z)} = \left( \frac{\text{Force - down level 2 (Z)}}{\text{Roll - up forecast Level 2 (Z)}} \right) \times \text{Forecast level 3 (Z)}$$

Perhitungan level 3 untuk masing – masing wilayah transformator gardu induk sebagai berikut :

**Tabel 4. Hasil perhitungan level 3 wilayah Bukit Siguntang dan Talang Ratu**

No	Wilayah	Transformator	Perhitungan level 3
1	Bukit Siguntang	1	13.628
		2	14.560
2	Talang Ratu	1	4.431
		2	8.697
		3	8.697
		4	5.140

Perhitungan *force-down* dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Perhitungan *forecast-down***

**Hasil Perhitungan**

Model hasil perhitung adalah model untuk menentukan penggantian transformator gardu induk yaitu dengan membandingkan kapasitas transformator dengan nilai hasil *force-down* level 3 pada masing – masing transformator dan wilayah transformator.

Penggantian Transformator Gardu Induk = Kapasitas Transformator – Hasil Force-down (level 3).

Perhitungan yang dilakukan menghasilkan alternatif pilihan untuk penggantian transformator gardu induk, jika beban puncak transformator telah melebihi kapasitas transformator maka transformator tersebut harus segera diganti. Hasil perhitungan yang didapat menentukan transformator mana yang terlebih dahulu harus diganti karena kapasitas transformator tidak mampu menanggung perkembangan beban konsumen dengan target bisnis penjualan daya, yang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Penggantian transformator gardu induk**

Wilayah	Trafo	Kapasitas	Beban puncak <i>force-down</i>	Hasil perhitungan	Keterangan
Bukit Siguntang	Trafo 1	15	13.628	1.372	Tidak diganti
	Trafo 2	15	14.560	0.440	Tidak diganti
Talang Ratu	Trafo 1	5	4.431	0.569	Tidak diganti
	Trafo 2	5	4.175	0.825	Tidak diganti
	Trafo 3	10	8.697	1.303	Tidak diganti
	Trafo 4	10	5.140	4.860	Tidak diganti

## SIMPULAN

Hasil peramalan untuk penggantian transformator gardu induk pada waktu tertentu adalah berdasarkan data historis beban puncak pemakaian dan tarif dasar listrik (TDL). Peramalan dimulai dengan menggunakan model *trend moment* yang dilanjutkan dengan model pemakaian beban konsumen yang dipergunakan sebagai variabel data untuk model *roll-up force-down*. Penentuan nilai total bisnis pada *model roll-up force-down* untuk target manajemen disesuaikan dengan kapasitas transformator yang terpasang, jika total bisnis terlalu besar dari nilai *roll-up* level 1 maka akan terjadi banyak penggantian transformator.

Hasil perhitungan yang dilakukan menunjukkan, nilai *roll-up forecast* sebesar 704.132.943, di sisi total bisnis manajemen sebesar 750.000.000 maka transformator yang terpasang masih dapat digunakan karena kapasitas transformator masih mampu menanggung beban puncak yang ada. Wilayah Bukit Siguntang untuk transformator 2, beban puncak *force-down* sebesar 14,56 MW dengan kapasitas transformator 15 MW, berarti 97 % kapasitas telah terpakai. Wilayah Talang Ratu untuk transformator 1, beban puncak *force-down* sebesar 4.43 MW dengan kapasitas tranformator 5 MW berarti 88,62 % telah terpakai, sedangkan untuk tranformator beban puncak *force-down* sebesar 4,17 MW dengan kapasitas tranformator 5 MW, berarti 83,5% kapasitasnya telah terpakai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gazpersz, V. 1998. *Production Planning and Inventory Control*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Pandjaitan, B. 1999. *Teknologi Sistem Pengendali Tenaga Listrik*. Prenhallindo, Jakarta.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 8 Tahun 2011 tentang Tarif Dasar Listrik yang Disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero)*
- Prabowo, A. A. 2011. *Analisa Keandalan Transformator Gardu Induk Wilayah Surabaya Menggunakan Metode Monte Carlo*. ITS. Surabaya.
- Sumarno, R. N., Hermawan, H., & Wahyudi, W. 2011. *Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik dengan Algoritma Genetika*. Doctoral Dissertation. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Stevenson, D. William. 1993. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Arlangga. Surabaya.