

# PERANCANGAN *SOFTWARE* MENGHITUNG PENYUSUTAN UMUR TRANSFORMATOR DAN EFISIENSI GARDU DISTRIBUSI PADA PENYULANG PERUMNAS

IG Suputra Widharma dan I Putu Sutawinaya

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, P.O.Box 1064 Tuban Badung-BALI  
Phone : (0361)701981, Fax : (0361)701128

**Abstrak:** Pembebanan pada sistem gardu distribusi merupakan salah satu penyebab timbulnya panas dan rugi-rugi pada sistem tersebut. Hal ini tentunya akan berdampak pada penurunan efisiensi gardu distribusi dan penyusutan umur teknis dari transformator yang digunakan pada sistem tersebut. Bila efisiensi gardu distribusi dan umur teknis dari transformator semakin menurun, maka keandalan sistem distribusi tersebut juga semakin menurun. Dengan demikian, kualitas pelayanan PT. PLN (Persero) terhadap masyarakat akan dianggap semakin menurun, sehingga ini akan berdampak negatif terhadap citra pelayanannya.

Untuk dapat menghitung penurunan efisiensi gardu distribusi dan penyusutan umur transformator dengan cepat dan akurat, maka dirancang suatu sistem informasi menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0.

Untuk menguji performa dan kinerja program yang dirancang, maka dalam penelitian ini diuji 5 (lima) unit gardu distribusi yakni : DB0244, DB0524, DB0403, DB0846, dan DB0644 pada Penyulang Perumnas. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar pembebanan suatu transformator maka efisiensi gardu distribusi dan umur teknis transformator semakin berkurang.

**Kata Kunci:** Perangkat Lunak, Efisiensi, Umur teknis.

## Information System to Calculate Lifespan of Transformer and Efficiency of Distribution Substation in the Perumnas Feeder

**Abstrac :** *Loading at distribution substation system is one of many causes of heat and losses in that system. This may affect the efficiency of distribution substation and the technical lifespan of transformer whose installed in that system. When efficiency goes down and technical lifespan is getting worse, then the reliability of that distribution system will go down too. This situation may affect the technical quality of PT. PLN (Persero) to the serve the people and so it will give bad image to their technical quality.*

*To make the calculation of the efficiency in distribution substation and lifespan of depreciation transformer become fast and precise, then the writer create a software by using Borland Delphi 7.0 programming.*

*To test the performance and the reliability of software that has been designed, then the software in this research will be tested on five distribution substations such as DB0244, DB0524, DB0403, DB0846, and DB0644 whose are in the Perumnas feeder. From the calculation, can be concluded that greater percentage of loading system will make the efficiency of distribution substation and depreciation percentage of transformer lifespan become greater.*

**Keywords:** *Software, Efficiency, Lifespan*

### I. Latar Belakang

Ketersediaan energi listrik sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini disebabkan karena energi listrik merupakan energi yang paling praktis dan mudah untuk dikonversikan menjadi bentuk energi lain. Pada proses pendistribusian tenaga listrik, diperlukan suatu peralatan yang disebut dengan transformator. Transformator memiliki umur teknis sendiri sesuai dengan komponen-komponen transformator tersebut. Namun, Umur transformator distribusi sering kali tidak sama dengan umur teknis yang diberikan oleh pabrikan pembuat transformator tersebut. Salah satu penyebab dari penurunan umur

transformator tersebut ialah pembebanan yang tidak seimbang pada tiap fasanya sehingga menimbulkan kondisi yang tidak normal pada transformator tersebut. Selain itu, akibat pembebanan yang tidak seimbang tersebut juga mengakibatkan turunnya efisiensi yang dimiliki oleh transformator sehingga daya yang dikeluarkan oleh transformator lebih kecil dari daya masukan transformator.

Agar penganalisaan umur teknis dan efisiensi dapat dilakukan sedini mungkin dengan cepat dan mudah, maka diperlukan suatu alat bantu (*tools*) yang dapat memudahkan perhitungan tersebut. Dalam penelitian ini dirancang suatu sistem informasi dengan

menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0 untuk dapat membantu perhitungan tersebut.

**II. Tinjauan Pustaka**

**2.1. Gardu Distribusi**

Gardu Distribusi adalah bangunan gardu transformator yang memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pemanfaat baik dengan Tegangan Menengah maupun Tegangan Rendah.

**2.2. Transformator Distribusi**

Di dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik, transformator distribusi dipergunakan untuk menurunkan tegangan penyulang utama (*primary feeder*) menjadi tegangan rendah (*sekunder*) yang langsung digunakan oleh konsumen. Transformator distribusi dihubungkan langsung dengan beban melalui jaringan sekunder dan lokasi pemasangannya tersebar dibanyak tempat dengan jarak sekitar beberapa ratus meter atau juga sampai beberapa kilometer, Ini tergantung pada kapasitas transformatornya dan besarnya beban yang dilayani.

**2.3. Prosentase Pembebanan tranformator**

Prosentase pembebanan transformator merupakan perbandingan antara daya yang digunakan dengan daya nominal dari transformator tersebut dikalikan dengan 100 persen atau dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Pembebanan trafo (\%)} = \frac{\sum S_{\text{Membantu}}}{S_{\text{Nominal Transformator}}} \times 100\%$$

**2.4. Sistem Terhubung Bintang**

**2.4.1. Sistem seimbang**

Pengertian dari sistem tiga fasa dengan beban seimbang yaitu sistem tiga fasa di mana dalam keadaan ketiga vektor arusnya membentuk sudut 120° satu sama lain sehingga tidak akan menyebabkan adanya arus di titik netral dari sistem tiga fasa tersebut atau secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I_n = \frac{V_{RN}}{Z_R} + \frac{V_{TN}}{Z_T} + \frac{V_{SN}}{Z_S}$$

$$I_n = I_R + I_S + I_T$$

**2.4.2. Sistem tidak seimbang**

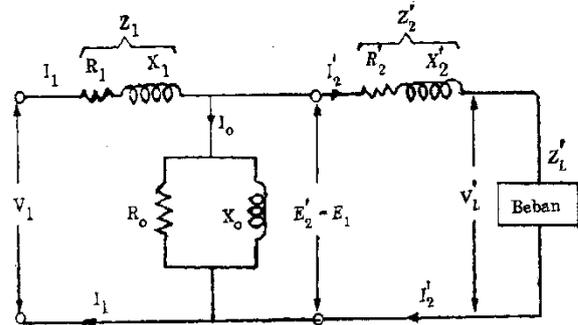
Sistem distribusi yang tidak seimbang yaitu sistem dimana terdapat arus fasa R, S, T tidak sama atau ketiga vector tidak membentuk sudut 120°

**2.5. Rugi-rugi pada Transformator**

**2.5.1. Rugi Tembaga**

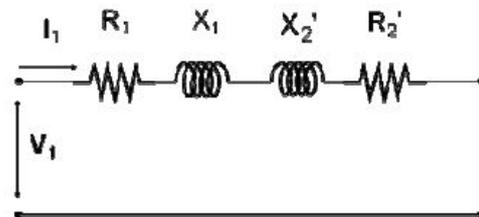
Untuk mempermudah analisis dalam pengujian, rangkaian primer dan sekunder dibuat menjadi sebuah rangkaian yang disebut rangkaian

*equivalent*. Pada rangkaian ini rugi tembaga pada sisi sekunder diubah menjadi nilai ekuivalennya dan dilihat dari arah primer.



**Gambar 1. Rangkaian ekuivalen transformator**

Karena diasumsikan sangat kecil maka rangkaian ekuivalen dapat disederhanakan sebagai berikut:



**Gambar 2. Rangkaian ekuivalen yang telah disederhanakan**

Dari rangkaian tersebut maka rugi tembaga dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$P_{cu} = I^2 \cdot R$$

$$P_{cu} = I^2 \cdot R_1 + I^2 \cdot R_2$$

$$P_{cu} = I_2^2 (R_2 + a^2 \cdot R_1)$$

**2.5.2. Rugi Inti**

Rugi inti terdiri dari rugi arus pusar (*Eddy Current*) dan rugi Hysterisis. Menurut SPLN 50 : 1997 tentang spesifikasi transformator distribusi, dikatakan bahwa rugi inti dan rugi besi bersifat tetap dan besarnya disesuaikan dengan daya pengenalnya.

**2.6. Efisiensi**

Efisiensi transformer adalah perbandingan antara daya output yang dihasilkan dibanding dengan daya input masukannya.

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

$$\eta = \frac{kVA \times \cos \phi}{kVA \times \cos \phi + \epsilon_{\text{rugi}} - \text{rugi}} \times 100\%$$

**2.7. Perhitungan Umur Transformator**

Menurut Safriyudin, perhitungan lama pakai transformator jaringan distribusi 20 kV di APJ Yogyakarta dinyatakan bahwa perhitungan penurunan

umur transformator dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$I\% = \frac{I_n - I_b}{I_n} \times 100\%$$

$$V\% = \frac{V_n - V_b}{V_n} \times 100\%$$

$$P\% = \frac{P_n - P_b}{P_n} \times 100\%$$

Pbeban merupakan daya terukur pada gardu yang dapat dicari melalui persamaan sebagai berikut:

$$P_{beban} = I_b \cdot V_{bs} \cdot \cos \phi_{beban}$$

akan didapat nilai error melalui persamaan:

$$E = \frac{P - P^*}{P} \times 100\%$$

Dengan:

P = Nilai batasan pemakaian transformator (80%) [14]

$$P^* = I \% + V \% + P \%$$

**2.8. Basis Data**

Database adalah kumpulan data yang di simpan secara bersama-sama pada suatu media, tanpa adanya suatu kerangkapan data, sehingga mudah untuk digunakan kembali oleh suatu program aplikasi secara optimal

**2.9. Pemrograman Delphi**

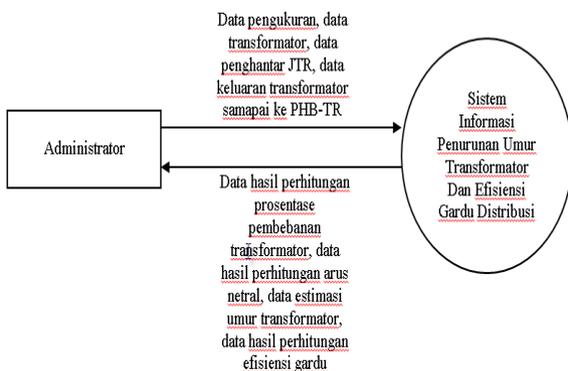
Delphi merupakan *kompiler* bahasa Delphi yang merupakan bahasa tingkat tinggi sekelas dengan Basic C [19].

**III. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Perancangan Program**

**3.1.1. Perancangan *Contexts Diagram***

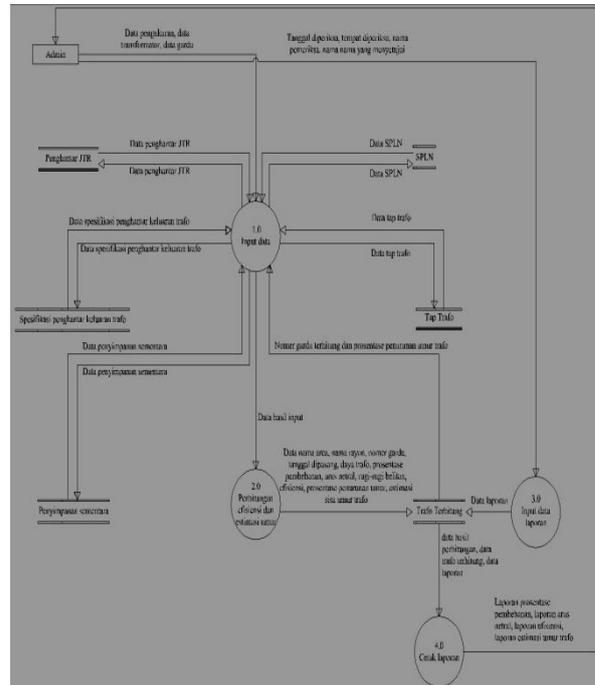
*Context diagram* berguna untuk menyampaikan proses secara umum yang diwakili oleh lingkaran tunggal sehingga entitas yang terlibat di dalam suatu sistem dapat diketahui dan dianalisa input dan output dari sistem tersebut.



Gambar 3. *Contexts Diagram*

**3.1.2. Perancangan *Data Flow Diagram***

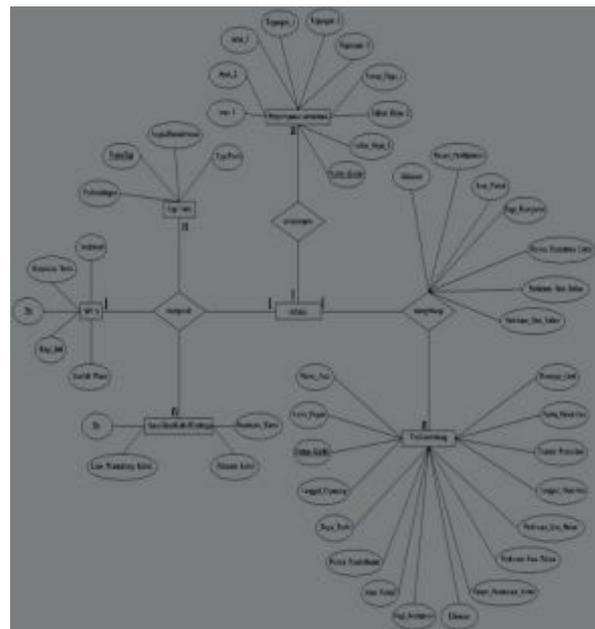
*Data flow diagram* berfungsi untuk menggambarkan sistem sebagai jaringan kerja antar proses yang berhubungan satu sama lain dengan aliran dan penyimpanan data.



Gambar 4. *Data Flow Diagram*

**3.1.3. Perancangan *Entity Relationship Diagram***

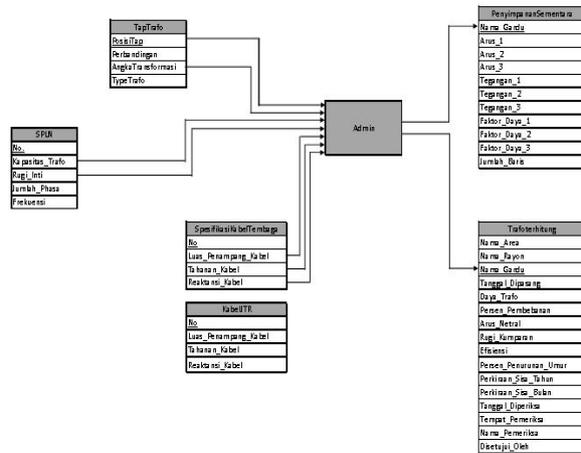
Dalam program perhitungan efisiensi gardu distribusi dan estimasi umur transformator ini, entitas yang terlibat meliputi administrator, spesifikasi kabel tembaga, SPLN, tap trafo, penyimpanan sementara, dan trafo terhitung.



Gambar 5. *Entity relationship Diagram*

**3.1.4. Relasi Antar Tabel**

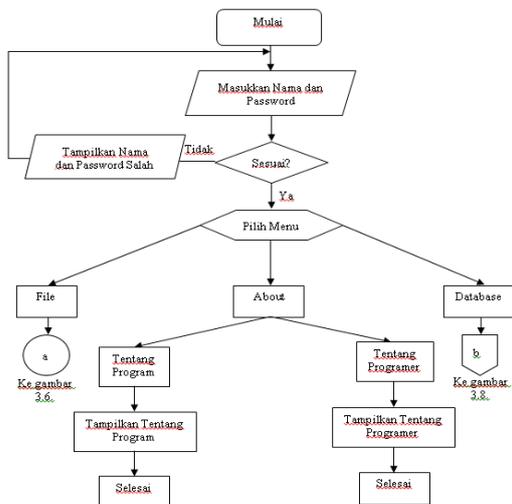
Relasi antar tabel dan komponen pada tabel dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



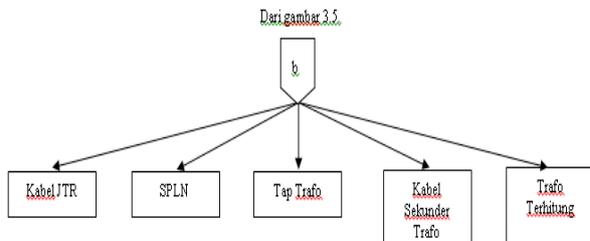
**Gambar 6. Relasi antar tabel**

**3.1.5. Diagram Alir Program**

Diagram alir berfungsi untuk menggambarkan sistem sebagai jaringan kerja antar proses yang berhubungan satu sama lain dengan aliran dan penyimpanan data.

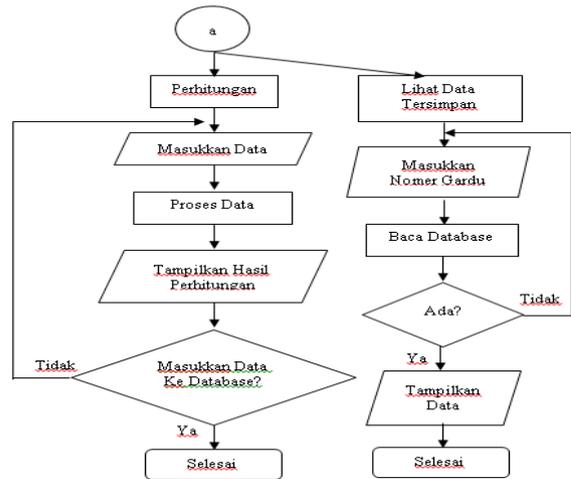


**Gambar 7. Diagram alir menu utama**



**Gambar 8. Diagram alir menu database**

Dari gambar 3.5



**Gambar 9. Diagram alir menu file**

**3.1.6. Tampilan Program**

Dari hasil pembuatan program, didapat gambar-gambar sebagai berikut:

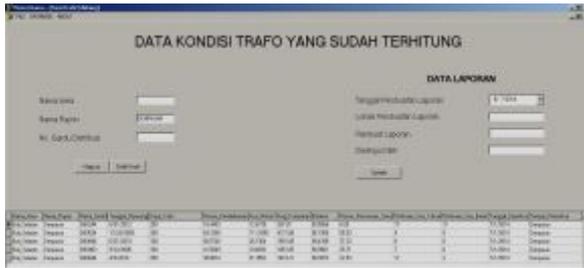


**Gambar 10. Tampilan form menu utama**

Halaman pertama dari Sistem Informasi sebagai tempat admin untuk memasuki Si Putri Gadis.



**Gambar 11. Tampilan form perhitungan**



Gambar 12. Tampilan form trafo terhitung



Gambar 13. Tampilan laporan hasil perhitungan

3.2. Pengujian Sistem

Untuk pengujian terhadap program dilakukan perhitungan terhadap program yang telah dirancang.

Tabel 1. Data teknis transformator DB0224

Nomer Gardu	DB0224
Nomer Seri Trafo	4156689
Merk	Trafindo
Kapasitas	250 kVA
Tahun Pembuatan	2012
Tanggal Operasi	31/05/2012
Fasa	A - RST
Pemasangan Trafo	I - Di luar
Status Trafo	T - Terpasang
Posisi Tap	3
Impedansi	4%
Tegangan	230/400 V
Berat Trafo	1100
Luas kabel fasa keluaran trafo	240 mm <sup>2</sup>
Luas netral keluaran trafo	150 mm <sup>2</sup>
Jarak trafo - PHB-TR (m)	7

Tabel 2. Hasil rata-rata Pengukuran

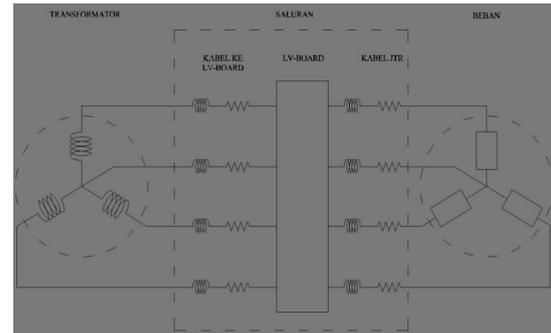
Pengukuran	Hasil rata-rata
I <sub>R</sub> (A)	142,764
I <sub>S</sub> (A)	146,281
I <sub>T</sub> (A)	156,755
V <sub>RN</sub> (A)	224,262
V <sub>SN</sub> (A)	228,22
V <sub>TN</sub> (A)	225,132
Cos phi R	0,936
Cos phi S	0,941
Cos phi T	0,941

Tabel 3. Karakteristik Kabel NYY

Luas Penampang Kabel (mm <sup>2</sup> )	Tahanan Pada 85° C (Ohm/km)	Reaktansi pada 50 Hz (Ohm/km)
150	0,157	0,084
240	0,097	0,081

3.2.1. Obyek Perhitungan

Dalam perhitungan penurunan efisiensi gardu distribusi yaitu dari sisi sekunder transformator hingga ke inlet LV-Board.



Gambar 14. Sistem Distribusi 3 Fasa

3.2.2. Perhitungan

Perhitungan tanpa menggunakan program yang telah dirancang dilakukan pada kelima gardu distribusi.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tanpa Program

Nomor Gardu	Kapasitas Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo (%)	Efisiensi (%)	Penurunan Umur Trafo (%)
DB0524	250	25,72	97,99	3,33
DB0403	160	41,50	97,80	22,63
DB0846	160	50,57	97,57	34,81
DB0644	250	38,88	97,88	19,59
DB0244	250	40,27	97,85	22,29

3.2.3. Hasil Simulasi Program

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program yang telah dirancang maka akan didapat hasil.

Tabel 5. Hasil perhitungan menggunakan program

Nomer Gardu	Prosentase Pembebanan (%)	Efisiensi Gardu Distribusi (%)	Prosentase Penurunan Umur Trafo (%)
DB0524	25,72	97,99	3,37
DB0403	41,50	97,80	22,67
DB0846	50,57	97,57	34,85
DB0644	38,88	97,88	19,63
DB0224	40,27	97,85	22,33

**3.2.4. Laporan Hasil Simulasi Program**

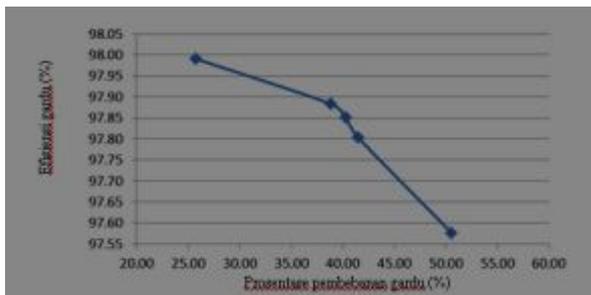
Data-data seperti terlihat pada tabel 5. dapat juga dicetak dalam format laporan yang telah disediakan pada program yang telah dibuat.

NO	FAKOR	NO. TRANS	TP	Pembebanan Trafo (%)	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo (%)	Arus (A)	Temperat (°C)	Estimasi Sisa Umur Trafo (Tahun)
DB0524	0,8662	1120000	100	25,7243	40,7443	40,7443	48,8814	74,38	2,009
DB0403	0,8662	500000	100	41,5049	38,784	38,784	47,5049	79,77	2,197
DB0846	0,8662	621000	100	38,814	38,784	38,784	47,5049	79,77	2,4235
DB0644	0,8662	410000	100	40,2765	38,784	38,784	47,5049	79,77	2,1168
DB0244	0,8662	370000	100	40,2765	38,784	38,784	47,5049	79,77	2,149

**Gambar 15. Laporan hasil perhitungan**

**3.3. Analisis**

**3.3.2.1. Analisis Pengaruh Pembebanan Trafo Terhadap Efisiensi**

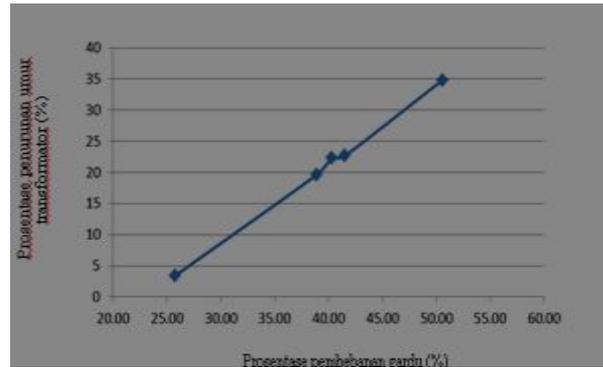


**Gambar 16. Grafik hubungan prosentase pembebanan transformator dengan efisiensi gardu**

Dari gambar 16. dapat dilihat bahwa prosentase pembebanan transformator berbanding terbalik dengan nilai efisiensinya. Nilai prosentase pembebanan Trafo semakin besar, maka rugi-rugi yang terjadi pada belitan Trafo dan penghantar juga semakin besar, dengan demikian daya keluaran Trafo (Pout) dari gardu distribusi menjadi menurun. Karena Pout menurun, maka efisiensi juga menurun.

**3.3.2.2. Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Penurunan Umur Trafo**

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program yang telah dirancang seperti tercantum pada Tabel 5, dibuat grafik hubungan antara prosentase pembebanan gardu distribusi dengan prosentase penurunan umur transformator yang dapat dilihat pada gambar 15. Terlihat bahwa semakin tinggi nilai prosentase pembebanan transformator, maka nilai prosentase penurunan umur transformator menjadi semakin tinggi.



**Gambar 17. Grafik hubungan prosentase pembebanan transformator dengan prosentase penurunan umur transformator**

Hal ini disebabkan oleh meningkatnya nilai arus yang ada pada belitan transformator jika nilai prosentase pembebanan transformator meningkat. Dengan meningkatnya nilai arus ini, maka temperatur pada transformator juga akan meningkat sesuai dengan rumus energi panas yaitu  $I^2.R.T$ .

**3.3.2.3. Analisis Pengaruh Kapasitas Transformator Terhadap Sisa Umur Trafo**

Pada kondisi daya beban yang sama, kapasitas Transformator yang lebih kecil menunjukkan penyusutan umurnya lebih besar. Hal ini dapat dilihat dari nilai daya beban dan prosentase penurunan umur transformator pada gardu DB0524.

Pada kedua gardu tersebut memiliki nilai daya beban yang hampir sama, yaitu 64,3 kVA untuk gardu DB0524 dan 65,6 kVA untuk gardu DB0403. Karena kapasitas transformator DB0524 lebih besar dibandingkan transformator pada DB0403 (250 kVA dengan 160 kVA), maka nilai *error* pada gardu DB0524 lebih kecil dibandingkan dengan nilai *error* gardu DB0408 sehingga prosentase penurunan umurnya menjadi kecil bila dibandingkan dengan transformator pada gardu DB0408.

**IV. Kesimpulan dan Saran**

**4.1. Kesimpulan**

Adapun beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan dan analisis yang telah dipaparkan yaitu:

- Dari hasil perhitungan menggunakan program yang telah dirancang, dapat diketahui bahwa telah terjadi penurunan efisiensi pada gardu DB0524, DB0403, DB0846, DB0644, dan DB0244 secara berturut-turut sebesar 2,009 %, 2,197 %, 2,4235 %, 2,1168 %, dan 2,149 % dengan prosentase pembebanan gardu secara berturut-turut yaitu 25,7243 %, 41,5049 %, 50,5740 %, 38,8814 %, dan 40,2765 %.
- Dari hasil perhitungan menggunakan program yang telah dirancang, dapat diketahui bahwa telah terjadi penurunan umur transformator pada gardu DB0524, DB0403, DB0846, DB0644, dan

- DB0244 dengan prosentase secara berturut-turut sebesar 3,37 %, 22,67 %, 34,85 %, 19,63 %, dan 22,33 %
- c. Dari hasil perhitungan dapat diketahui estimasi sisa umur tansformator pada gardu DB0524, DB0403, DB0846, DB0644, dan DB0244 secara berturut-turut yaitu 14 tahun 9 bulan, 7 tahun 8 bulan, 9 tahun, 11 tahun 10 bulan, dan 13 tahun 8 bulan.
  - d. Semakin meningkatnya nilai pembebanan transformator maka efisiensi dan umur dari transformator tersebut semakin berkurang

**4.2. Saran**

Perhitungan hanya dilakukan pada gardu yang memiliki perlakuan sesuai dengan procedure kerja (SOP) dan tidak memperhitungkan pengaruh-pengaruh turunnya efisiensi dan umur transformator lainnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Suhadi, dkk, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Direktorat Pembina Sekolah Kejuruan, 2008
- [2] Bidang Pengembangan Diklat Prajabatan dan Penunjang, *Operasi Distribusi*, Pusdiklat PT. PLN (Persero), 2011.
- [3] SPLN 1:1995 *Tegangan Standar PLN*, Jakarta : PT. PLN (Persero), 1995
- [4] Mancon Sitanggang, *Studi Perkiraan Umur Trasformator Distribusi Dengan Metode Tingkat Tahunan*, Medan : USU, 2009.
- [5] Abdul Kadir, *Transformator*, Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 1979.
- [6] SPLN 8-1. *Transformator Tenaga*, Jakarta : PT. PLN (Persero),1991.
- [7] Ratno Wibowo, dkk. *Buku PLN 1*, Jakarta : PT. PLN (Persero), 2010.
- [8] Ir. Sulasno, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Semarang : Satya Wacana, 1993.
- [9] Gassing, Indra Jaya, *Optimalisasi Pembebanan Transformator Distribusi Dengan Penyeimbangan Beban*, Makassar : FT Unhas, 2013.
- [10] Hotdes Lumbanraja, *Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Transformator Tiga Fasa Hubungan Open-Delta*, Medan : Universitas Sumatra Utara, 2008.
- [11] SPLN 50:1997. *Spesifikasi Transformator Distibusi*, Jakarta : PT. PLN (Persero), 1997.
- [12] Safriyudin, *Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 kV Di APJ Yogyakarta*, Yogyakarta : Institute Sains dan Teknologi Akprind, 2011.
- [13] Ir. Wahyudi Sarimun, *Buku Panduan Pelayanan Teknik*, Depok : Garamond, 2011.
- [14] Adi Dewanto, Ratna Wardani, *Sistem Manajemen Basis Data*, Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Yogyakarta, 2010.

- [15] Drs. Zulkifli Amsyah, MLS, *Manajemen Sistem Informasi*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama, 2005.
- [16] Sugiyono, *Pemrograman Terstruktur*, Jakarta : Panji Gumilang Press, 2005.
- [17] Tim Penyusun Modul Delphi, *Modul Praktek Laboratorium Komputer Borland Delphi*, Jakarta : Bina Sarana Informatika, 2006.
- [18] Prasetyo, Didik Dwi, *Administrasi Database Server MySQL*, Jakarta : Elex Media Komputindo, 2003.
- [19] Abdul Kadir, *Dasar Pemrograman Delphi Jilid 1*, Yogyakarta : Andi, 2001.

**LAMPIRAN**

Nameplate transformator DB0224

DATA TRANSFORMATOR			
1	Nomor Seri	4156689	
2	Merk	TRAFINDO	
3	Tahun Pembuatan	2012	
4	Daya/kVA	250	kVA
5	Tegangan Pengenal		
	Primer	20000	Volt
	Sekunder	400	Volt
6	Arus Nominal		
	Primer	7.21	Amp.
	Sekunder	360.8	Amp.
7	Posisi Sadapan		
	Tap 1	23000	Volt
	Tap 2	21000	Volt
	Tap 3	20000	Volt
	Tap 4	19000	Volt
	Tap 5	18000	Volt
8	Berat/bi Minyak	-	250 ltr
9	Berat Total	1160	Kg
10	Temp. Oli	40	°C
11	Temp. Kumbaran/Beltan	55	°C
12	Level Oli	1/2	
13	Vektor Group	Dyn5	
14	Impedansi	4	%
15	TID/BIL	125	kV
16	Pendinginan	ONAN	