

# Analisa Perkiraan Umur Transformator

Krestovel Alvian Kodoati<sup>(1)</sup>, Ir. Fielman Lisi, MT.<sup>(2)</sup>, Ir. Marthinus Pakiding, MT.<sup>(3)</sup>  
 (1)Mahasiswa (2)Pembimbing 1 (3)Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115, Email: krestovel@gmail.com

## Abstrak

Transformator distribusi mempunyai peranan penting dalam penyaluran daya listrik dalam suatu sistem distribusi. Agar transformator dapat beroperasi dengan baik dan dapat digunakan sesuai dalam jangka waktu yang diharapkan maka pemasangan dan pemeliharaan transformator harus sesuai dengan standar yang ditetapkan. Salah satu yang mempengaruhi kondisi transformator adalah panas yang timbul akibat pembebanan. Jika transformator dibebani 100% atau dibebani pada daya pengenalnya (*rated power*), suhu lilitan mencapai 98°C dengan kondisi suhu sekitar (*ambient temperature*) 20°C - 40°C maka umur transformator bisa mencapai 20 tahun atau 7300 hari dengan susut umur normal 0,0137% per-hari.

Untuk pembebanan transformator distribusi yang ada pada penyulang SL 7 terdapat 9 unit yang beroperasi  $\geq 20$  tahun dan 13 unit trafo yang berbeban  $\geq 80$  %. Berdasarkan panas yang ditimbulkan akibat pembebanan dari suatu transformator distribusi maka dapat dilakukan analisa untuk memperkirakan susut umur dari transformator tersebut. Dengan demikian dapat dilakukan langkah-langkah untuk mencegah terjadinya kerusakan transformator.

**Kata Kunci:** Beban, transformator, suhu, susut umur.

## Abstract

*Distribution transformer has an important role in the distribution of electrical power in a distribution system. So that the transformer can operate properly and can be used in accordance with the expected time frame, then the installation and maintenance of the transformer must be in accordance with established standards. One transformer is a condition that affects the heat due to loading. If the transformer is 100% loaded or loaded on its rated power, winding temperature reaches 98 ° C with an ambient temperature conditions 20 ° C - 40 ° C, then the transformer age could reach 20 years or 7300 days with shrinkage age normal 0.0137% per day.*

*For existing distribution transformer loading on feeders SL 7 are 9 units operating  $\geq 20$  years and 13 units are loaded transformer  $\geq 80$ %. Based on the heat caused by the imposition of a distribution transformer, it can be analyzed to estimate the age of the transformer losses. Thus it can be measures to prevent damage to the transformer.*

**Keywords:** load, shrinkage of age, temperature, transformers.

## I. PENDAHULUAN

Dalam operasi sistem tenaga listrik, kehandalan dan kestabilan sistem sangat penting agar dapat memberi kenyamanan dalam pelayanan kepada konsumen. Salah satu upaya untuk mempertahankan kehandalan dan kestabilan suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan memperhatikan kondisi dari peralatan-peralatan tenaga listrik yang ada. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam suatu sistem tenaga listrik adalah transformator.

Untuk penyaluran tenaga listrik baik di jaringan transmisi maupun distribusi, transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal dan terus-menerus. Dalam jaringan distribusi, salah satu peralatan utama yaitu trafo distribusi. Trafo distribusi adalah peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi ke tegangan rendah, agar tegangan yang dipakai sesuai dengan rating peralatan listrik pelanggan atau beban pada umumnya. Dikarenakan trafo merupakan peralatan yang mahal, maka diusahakan agar peralatan ini memiliki umur penggunaan yang panjang.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisi suatu trafo distribusi. Salah satu penyebab kerusakan atau berkurangnya umur trafo adalah akibat pengaruh pembebanan. Pembebanan mengakibatkan peningkatan temperatur yang menimbulkan panas pada trafo. Panas mengakibatkan terjadinya penguraian dari bahan-bahan trafo yang dapat mempercepat proses penuaan suatu trafo.

Pada saat ini dengan adanya perubahan dan peningkatan beban, ada trafo distribusi yang sudah mengalami pembebanan berlebihan. Ini mengakibatkan peningkatan suhu trafo yang berlebihan bahkan bisa sampai melewati batas toleransi yang ada. Jika kondisi operasi seperti ini terus berlangsung dan tidak diperkirakan atau tidak diatasi, suatu waktu komponen-komponen trafo akan sampai pada batas ketahanan dan nilai keamanan yang diizinkan. Pada akhirnya terjadi gangguan akibat kerusakan trafo secara tiba-tiba seperti trafo yang terbakar atau meledak.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Transformator Distribusi

Transformator distribusi adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan

tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk mengurangi tegangan utama dari sistem distribusi listrik menjadi tegangan untuk penggunaan konsumen. Contoh salah satu bentuk transformator distribusi seperti pada gambar 1.

Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step-down* 20kV/400V 3 fasa dan satu fasa, dan ada juga yang menggunakan 3 buah transformator satu fasa. Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380 V. Karena terjadi drop tegangan, maka pada tegangan rendahnya dibuat diatas 380V agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380V.

*Konstruksi Dan Alat Pelengkap*

Transformator dirancang dan dibuat dari komponen dan bahan baku yang sama sekali baru dan sesuai dengan persyaratan desain sebagaimana ditetapkan oleh SPLN. Transformator dilengkapi pula dengan alat-alat pelengkap yang sama sekali baru dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pabrikan. Bagi transformator produksi dalam negeri yang dimaksudkan dengan pabrikan adalah pemberi lisensi.

Adapun alat-alat yang umum dipasang untuk memperlengkapi suatu transformator distribusi yaitu roda yang dipasang pada alas (kecuali untuk transformator tiang), lubang penguras minyak, lubang pengisi minyak, kantong termometer, terminal hubung tanah, kuping pengangkat, serta plat nama dan spesifikasi. Konstruksi dan alat pelengkap transformator distribusi dapat dilihat pada gambar 2.

Sedangkan alat pelengkap yang disertakan sesuai dengan standar PLN adalah termometer tanpa kontak, termometer dengan kontak, konservator, tabung silika gel, bushing tegangan menengah yang dapat ditarik, relay buchols, dan kontak terminal dengan tegangan rendah.

*Minyak Transformator*

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah.



Gambar 1. Transformator Distribusi  
(Sumber :

[http://www.indonetwork.co.id/sintra\\_transformer/3498232/trafo-3-phase-250-kva-d3-dyn5-teg-20kv-400v-minat-kontak.htm](http://www.indonetwork.co.id/sintra_transformer/3498232/trafo-3-phase-250-kva-d3-dyn5-teg-20kv-400v-minat-kontak.htm))

Oleh karena itu minyak trafo memegang peranan penting dalam sistem isolasi trafo dan juga berfungsi sebagai pendingin untuk menghilangkan panas akibat rugi-rugi daya pada trafo.

Keuntungan minyak trafo sebagai isolator dalam trafo yaitu isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi, isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi dan secara serentak melalui proses konversi menghilangkan panas yang timbul akibat rugi daya, dan isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharge*).

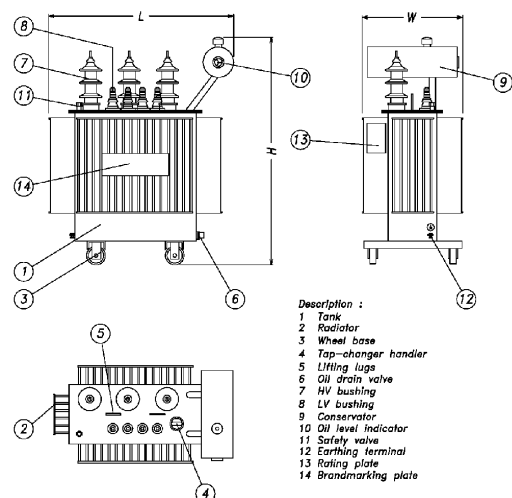
Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan seperti kekuatan isolasi tinggi, penyalur panas yang baik, berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat, viskositas yang rendah agar mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik, titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan, tidak merusak bahan isolasi padat, serta sifat kimia yang stabil.

*Pendinginan Transformator*

Pembebanan transformator menimbulkan panas pada transformator itu sendiri. Guna mengurangi panas pada trafo maka perlu dilengkapi dengan alat/sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator. Media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa udara/gas, minyak, air dan lain sebagainya. Sedangkan pengalirannya (sirkulasi) dapat dengan cara alamiah (*natural*) dan atau dengan tekanan/paksaan (*forced*).

*B. Umur Transformator Distribusi*

Dalam pengoperasian suatu transformator distribusi tentunya banyak hal yang dapat terjadi dan mempengaruhi kondisi atau umur transformator.



Gambar 2. Konstruksi Transformator Distribusi

(Sumber : <http://jual-trafo-stabilizer-ups-megaelectric.com/images/stories/trafo/distribusi/gambar-trafo-1.gif>)

Untuk itu dilakukan upaya-upaya yang dapat mempertahankan umur transformator, seperti pemasangan transformator harus sesuai standar konstruksi, secara rutin melakukan manajemen transformator untuk memantau kondisi transformator, melakukan pengujian dan pemeliharaan minyak transformator secara berkala, mengevaluasi hasil pengukuran beban transformator, melakukan pemerataan beban transformator, mengganti *fuse link* sesuai standard yang berlaku dan sesuai dengan kapasitas transformator, dan melakukan mutasi transformator untuk mengatasi pembebanan lebih.

**Pemeliharaan Transformator**

Untuk pemeliharaan transformator, hal-hal yang perlu diperiksa dan dipelihara pada interval waktu tertentu antara lain minyak transformator, tahanan tanah, sistem pendinginan, sambungan-sambungan luar, gangguan-gangguan yang tidak biasa, kenaikan suhu minyak dan lilitan, serta tahanan isolasi.

Untuk periode pemeliharaan lengkap, ada yang dilaksanakan sekali dalam setiap tahun dan ada yang sekali dalam empat tahun. Untuk sekali dalam setiap tahun, meliputi pemeriksaan bagian luar (*bushing*, pentanahan, terminal-terminal dan permukaan tangki), pengukuran tingkat isolasi minyak (tegangan tembus), dan pembersihan pada bagian-bagian luar terhadap semua kotoran atau debu yang menempel pada transformator. Dan untuk yang dilaksanakan sekali dalam empat tahun meliputi seperti dalam pemeriksaan lengkap setahun sekali, pengukuran tahanan isolasi minyak transformator, dan pengecatan badan transformator.

**Gangguan Dan Kerusakan Transformator**

Beberapa hal yang menjadi gangguan pada suatu transformator selama beroperasi bahkan sampai dapat mengakibatkan kerusakan yaitu bencana alam, terkena petir, tertimpa pohon, hubung singkat, beban lebih, beban tidak seimbang, minyak trafo rusak, ataupun proteksi transformator yang tidak berfungsi.

Pada dasarnya gangguan transformator dibagi menjadi gangguan mekanis, gangguan elektrik, dan gangguan magnetis.

Gangguan mekanis berupa gangguan isolasi rusak di dalam tangki, baik permukaan dalam tangki, lubang tangki, *bushing*, pipa, dan sebagainya. Gangguan elektrik yakni tahanan isolasi rendah dan isolasi tembus. Gangguan magnetis berupa gangguan laminasi inti, isolasi tembus antara laminasi, dan gangguan inti besi.

**Suhu Transformator Distribusi**

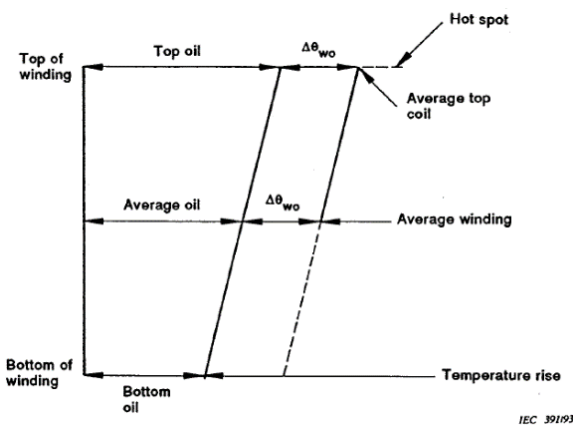
Salah satu hal yang mempengaruhi suhu transformator distribusi adalah suhu titik panas. Suhu titik panas merupakan kondisi terpanas dari bagian transformator dan terjadi pada lilitan transformator. Hal inilah yang menjadi salah satu dasar dalam pembatasan pembebanan. Untuk model penyaluran panas dapat dilihat pada gambar 3.

**Susut Umur Transformator**

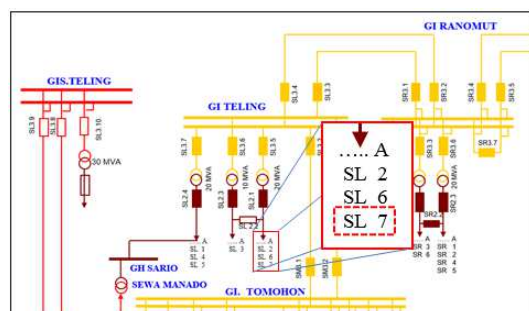
Pembebanan terhadap suatu transformator akan mengakibatkan kenaikan suhu yang ditimbulkan oleh panas. Untuk setiap kenaikan sekitar 6°C dari batas yang diizinkan akan mengakibatkan berkurangnya umur. Berdasarkan SPLN, transformator di Indonesia dirancang untuk bekerja pada suhu sekitartidak melebihi 40°C dan pada suhu rata-rata harian 30°C serta suhu rata-rata tahunan 30°C. *International Electrotechnical Commission* (IEC) menetapkan umur transformator 20 tahun atau setara 7300 hari, sehingga susut umur normal adalah 0,0137% per hari. Susut umur karena suhu titikpanas dapat dilihat pada tabel I.

TABEL I. SUSUT UMUR BERDASARKAN KENAIKAN SUHU TITIK PANAS

Qc (°C)	Susut umur (p.u)	Umur (tahun)
80	0,125	>20
86	0,25	>20
92	0,5	>20
98	1	20
104	2	10
110	4	5
116	8	2,5
122	16	1,25
128	32	0,625
134	64	0,3125
140	128	0,15625



Gambar 3. Model Penyaluran Panas



Gambar 4. Penyalung SL 7

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian berupa studi literatur yang berhubungan dengan analisa perkiraan umur transformator. Mengambil dan mengolah data berdasarkan parameter yang diperlukan. Untuk objek penelitian diambil dari Penyulang SL. 7 (Gambar 4).

#### Data Teknis

TABEL II. DATA HASIL PENGUKURAN BEBAN DAN TEGANGAN GARDU DISTRIBUSI PENYULANG SL. 7 SEMESTER 1 2013

No.	Nomor Gardu	Nama/Lokasi	Jenis G.	Daya	Beban			
					Siang		Malam	
				kVA	%	kVA	%	
1	M.454	Ring Road	Cantol	25	3.2	12.7	2.5	10.13
2	M.	Gedung Kaca RR	Cantol	50	0.5	1.1	0.8	1.6
3	M.	Jln. Sawangan RR	Portal	100	35.3	35.3	34.0	33.95
4	M.	Terowongan Paal IV	Cantol	100	17.6	17.6	3.9	3.87
5	M.	Pemukiman Jalan Koka	Portal	160	5.5	3.4	8.6	5.36
6	M.	Depan Kantor PU	Portal	100	7.4	7.4	10.4	10.4
7	M.	Citra Land Pertokoan	Portal	160	8.5	5.3	3.3	2.05
8	M.	Lisdes Citra Land	Portal	200	-	-	-	-
9	M.437	PJU Citra Land	Cantol	25	-	-	3.4	13.6
10	M.	Ger RK Citra Land	Cantol	25	-	-	-	-
11	M.383	Citra Land 3	Portal	200	82.3	41.2	89.4	44.69
12	M.400	Citra Land 4	Portal	200	19.4	9.7	36.8	18.39
13	M.402	Citra Land 5	Portal	160	83.2	52.0	130.2	81.36
14	M.382	Citra Land 2	Portal	50	39.7	79.4	47.7	95.5
15	M.72	Winangun	Beton	200	99.6	49.8	122.8	61.40
16	M.378	Balai POM	Portal	200	51.8	25.9	20.5	10.3
17	M.233	Alfa Mas Pineleng	Portal	50	42.4	84.8	42.4	84.72
18	M.213	Lota Pineleng	Portal	100	56.3	56.3	95.2	95.25
19	M.379	Lota Pabrik Anggur	Portal	50	14.9	29.9	24.0	47.95
20	M.453	Kali Bawah	Portal	200	0.6	0.3	2.7	1.34
21	M.62	Gereja GMM Kali	Portal	160	77.8	48.7	120.3	75.19
22	M.	Kali Selatan	Portal	100	-	-	-	-
23	M.142	Jembatan Timbang Pineleng	Portal	100	44.1	44.1	56.2	56.17
24	M.185	Pineleng Dalam	Portal	200	159.6	79.8	191.4	95.71
25	M.46	Pineleng	Portal	100	17.2	17.2	27.1	27.1
26	M.192	BPG Pineleng	Portal	50	27.7	55.3	40.4	80.80
27	M.27	Pineleng Graha Indah	Portal	100	53.3	53.3	70.3	70.27
28	M.167	Seminari Pineleng	Portal	200	93.6	46.8	126.6	63.28
29	M.	Pabrik Kecap Baru	Portal	160	4.9	3.1	3.0	1.9
30	M.401	Pineleng Atas	Portal	100	38.6	38.6	52.5	52.50
31	M.284	Pineleng KM 11	Portal	100	29.6	29.6	38.2	38.23
32	M.61	Warembungan	Portal	160	68.6	42.9	124.2	77.65
33	M.309	Warembungan 3	Portal	200	67.8	33.9	104.6	52.29
34	M.330	Warembungan 2	Portal	100	9.4	9.4	9.9	9.92
35	M.	Galian Batu Warembungan	Portal	100	0.3	0.3	0.6	0.6
36	M.363	Citra Land 1 Depan Perum	Portal	100	16.0	16.0	25.7	25.7
37	M.	Citra Land	Portal	200	26.4	13.2	68.2	34.1
38	M.	Water Park Citra Land	Portal	200	91.5	45.7	25.3	12.6
39	M.	SK Cahaya Pagi	Cantol	50	4.6	9.1	1.5	3.07
40	M.135	Lemba Sari	Portal	100	29.6	29.6	37.0	37.04
41	M.230	Perum Permata Ria	Portal	160	90.1	56.3	124.2	77.61
42	M.	Universitas Terbuka	Portal	100	11.7	11.7	4.3	4.28
43	M.29	Pompa Bensin Winangun	Beton	250	120.6	48.2	142.7	57.09
44	M.87	KPG BFN Winangun	Portal	200	140.0	41.4	95.2	59.49
45	M.175	Winangun Atas	Portal	200	97.3	48.7	137.1	68.56
46	M.408	Jambore Winangun II	Portal	100	24.1	24.1	36.1	36.08
47	M.316	Jambore (Lisdes)	Portal	100	49.3	49.3	63.5	63.54
48	M.191	Lapangan Jambore	Beton	200	94.7	47.4	157.0	78.51
49	M.407	PAM Jambore Winangun 2	Cantol	50	7.3	14.6	44.2	88.40
50	M.194	PAM Jambore	Portal	400	97.7	24.4	2.6	0.65
51	M.414	Perum Puri Indah	Portal	100	34.4	34.4	53.5	53.50
52	M.	Taman Asri Tanah Putih	Cantol	50	16.9	33.7	27.3	54.51
53	M.395	Pagar Panjang	Portal	160	51.6	32.3	72.2	45.11
54	M.99	Winangun Dalam	Portal	200	102.6	51.3	149.4	74.69
55	M.134	Asrama Bali	Portal	200	162.0	81.0	192.4	96.20
56	M.30	Pertigaan Kleak	Portal	160	145.1	90.7	170.3	106.42
57	M.65	Stadion Klabat	Kios	630	182.0	72.8	207.7	83.09
58	M.140	SGO	Portal	200	61.4	30.7	58.2	29.08
59	M.	Auditorium UNSRAT	Cantol	100	71.1	71.1	36.9	36.9
60	M.23	Kampus Mesjid	Beton	-	-	-	-	-
61	M.241	Fakultas Peternakan	Portal	200	80.7	40.3	69.3	34.6
62	M.447	Fakultas Peternakan	Portal	100	96.5	96.5	99.3	99.3
63	M.	SMA Katolik Kampus	Portal	100	-	-	-	-
64	M.	Kampus 1	Kios	1000	199.8	20.0	69.6	6.96
65	M.	Kampus 2	Portal	100	10.3	10.3	5.8	5.84
66	M.174	KODIM Winangun	Portal	160	66.2	41.4	95.2	59.49
67	M.242	DR Supit	Portal	100	79.5	79.5	111.8	111.76
68	M.	United Traktor Winangun	Portal	250	40.5	16.2	25.5	10.21
69	M.28	RK Misi Winangun	Beton	200	105.1	52.5	165.5	82.76
70	M.178	SPN Karombasan	Portal	160	26.1	16.3	54.7	34.20
71	M.45	Samping DODIKLAT	Beton	400	277.3	69.3	283.9	71.0

Penyulang SL. 7 merupakan salah satu penyulang yang terpasang pada jaringan distribusi primer yang bersumber dari GI. Teling dan berada dalam layanan PLN Area Manado – Rayon Manado Selatan. Penyulang SL. 7 termasuk penyulang dengan jumlah saluran yang cukup banyak, dimana sampai 2013 terdapat sebanyak 69 gardu distribusi yang aktif beroperasi melayani kebutuhan beban konsumen. Data pengukuran untuk penyulang SL. 7 dapat dilihat pada tabel II.

Seiring dengan semakin berkembangnya wilayah kota dan pemukiman penduduk maka pertumbuhan beban pun semakin meningkat. Namun pertumbuhan beban ini tidak merata, oleh karena itu sangat mungkin ditemukan ada transformator yang melayani beban sudah mendekati 100 % kapasitas daya bahkan sudah melebihi kapasitas daya transformator tersebut. Sebaliknya ada transformator yang melayani beban tidak atau belum mencapai 50 % dari kapasitas daya transformator tersebut.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pembebanan Transformator

Dari data dapat dilihat bahwa jumlah total transformator ada 69 unit yang terdiri dari Transformator 1 fasa 50 kVA 1 unit, dan Transformator 3 fasa yaitu 25 kVA 2 unit, 50 kVA 8 unit, 100 kVA 22 unit, 160 kVA 11 unit, 200 kVA 19 unit, 250 kVA 2 unit 400 kVA 2 unit, 630 kVA 1 unit, dan 1000 kVA 1 unit. Dimana, yang belum difungsikan ada 3 unit, yang berbeban < 60 % ada 42 unit, yang berbeban 60 % - 80 % ada 11 unit, yang berbeban 80 % - 100 % ada 11 unit, yang berbeban > 100 % ada 2 unit.

Untuk masa pakai transformator dilihat dari data tahun pemasangan, yang terpasang ≤ 5 tahun ada 28 unit, yang terpasang 6 - 10 tahun ada 14 unit, yang terpasang 11 - 20 tahun ada 13 unit, yang terpasang > 20 tahun ada 8 unit dan yang tidak terdapat data ada 7 unit. Untuk trafo yang beroperasi ≥ 20 tahun dapat dilihat pada tabel III, dan trafo yang berbeban ≥ 80 % pada tabel IV.

Jika transformator dibebani 100% atau dibebani pada daya pengenalnya (*rated power*), suhu lilitan mencapai 98°C dengan kondisi suhu sekitar (*ambient temperature*) 20°C - 40°C maka umur transformator bisa mencapai 20 tahun atau 7300 hari dengan susut umur normal 0,0137% per-hari.

TABEL III. TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SL. 7 YANG BEROPERASI ≥ 20 TAHUN.

No.	Gardu/Lokasi	Jenis	kVA	Tahun
1.	M.167/Seminari Pineleng	Portal	200	1993
2.	M.142/Jembatan Timbang Pineleng	Portal	100	1992
3.	M.178/SPN Karombasan	Portal	160	1991
4.	M.414/Perum Puri Indah	Portal	100	1991
5.	M.192/BPG Pineleng	Portal	50	1991
6.	M.174/KODIM Winangun	Portal	160	1985
7.	M.28/RK Misi Winangun	Beton	200	1982
8.	M.99/Winangun Dalam	Portal	200	1982
9.	M.407/PAM J. Winangun 2	Cantol	50	1980

TABEL IV. DATA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SL. 7 DENGAN BEBAN  $\geq 80$  %

No	Gardu / Lokasi	Jenis	kVA	Beban			
				Siang		Malam	
				kVA	%	kVA	%
13.	M.402/Citra Land 5	Portal	160	83,2	52,0	130,2	81,36
14.	M.382/Citra Land 2	Portal	50	39,7	79,4	47,7	95,5
17.	M.233/Alfa Mas Pineleng	Portal	50	42,4	84,8	42,4	84,72
18.	M.213/Lota Pineleng	Portal	100	56,3	56,3	95,2	95,25
24.	M.185/Pineleng Dalam	Portal	200	159,6	79,8	191,4	95,71
26.	M.192/BPG Pineleng	Portal	50	27,7	55,3	40,4	80,80
49.	M.407/PAM J. Winangun 2	Cantol	50	7,3	14,6	44,2	88,40
55.	M.134/Asrama Bali	Portal	200	162,0	81,0	192,4	96,20
56.	M.30/Pertigaan Kleak	Portal	160	145,1	90,7	170,3	106,42
57.	M.65/Stadion Klabat	Kios	630	182,0	72,8	207,7	83,09
62.	M.447/Fak. Peternakan	Portal	100	96,5	96,5	99,3	99,3
67.	M.242/Dr Supit	Portal	100	79,5	79,5	111,8	111,76
69.	M.28/RK Misi Winangun	Beton	200	105,1	52,5	165,5	82,76

### B. Perhitungan Susut Umur Transformator

Dari data hasil pengukuran dapat diperkirakan susut umur dari transformator. Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada Tabel I, serta suhu lilitan untuk pembebanan 100 % mencapai  $98^{\circ}\text{C}$  dengan kondisi suhu sekitar berdasarkan SPLN D3.002-1 : 2007 tidak melebihi  $40^{\circ}\text{C}$ .

Berdasarkan Tabel 2.3, nilai suhu terendah yang tertera yakni  $80^{\circ}\text{C}$ , maka untuk mempermudah perhitungan diasumsikan untuk suhu  $< 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) sama dengan  $80^{\circ}\text{C}$  yaitu 0,125. Untuk waktu pembebanan selama 24 jam siang dan malam, diasumsikan 20 jam diluar beban puncak (LBP) mengikuti beban siang dan 4 jam pada beban puncak (BP) mengikuti beban malam.

#### Gardu M.402

Beban siang 52,0 %,  
suhu lilitan =  $(52,0 \% \times 98^{\circ}) = 50,96^{\circ}\text{C}$

Beban malam 81,36 %,  
suhu lilitan =  $(81,36 \% \times 98^{\circ}) = 79,73^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $79,73^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $79,73^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $50,96^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.

Jadi pada suhu  $79,73^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.  
dan  $50,96^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.  
Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$$(4 \times 0,125) + (20 \times 0,125) = (0,5) + (2,5) = 3 \text{ jam} < 24 \text{ jam.}$$

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 3 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.382

Beban siang 79,4 %,  
suhu lilitan =  $(79,4 \% \times 98^{\circ}) = 77,81^{\circ}\text{C}$

Beban malam 95,5 %,  
suhu lilitan =  $(95,5 \% \times 98^{\circ}) = 93,59^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $93,59^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $93,59^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $77,81^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $92^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,5  
Pada suhu  $98^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 1  
Jadi pada suhu  $93,59^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,625

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.

Jadi pada suhu  $77,81^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$$(4 \times 0,625) + (20 \times 0,125) = (2,5) + (2,5) = 5 \text{ jam} < 24 \text{ jam.}$$

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 5 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan. Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.233

Beban siang 84,8 %,  
suhu lilitan =  $(84,8 \% \times 98^{\circ}) = 83,1^{\circ}\text{C}$

Beban malam 84,72 %,  
suhu lilitan =  $(84,72 \% \times 98^{\circ}) = 83,02^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $83,02^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $83,02^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $83,1^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,125

Pada suhu  $86^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,25

Jadi

pada suhu  $83,02^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,188

dan suhu  $83,1^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,188

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$(4 \times 0,188) + (20 \times 0,188) = (0,75) + (3,76) = 4,51$  jam < 24 jam.

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 4,51 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.213

Beban siang 56,3 % ,

suhu lilitan =  $(56,3 \% \times 98^{\circ}) = 55,17^{\circ}\text{C}$

Beban malam 95,25 % ,

suhu lilitan =  $(95,25 \% \times 98^{\circ}) = 93,35^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $93,35^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $93,35^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $55,17^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $92^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,5

Pada suhu  $98^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 1

Jadi pada suhu  $93,35^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,625

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.

Jadi pada suhu  $55,17^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$(4 \times 0,625) + (20 \times 0,125) = (2,5) + (2,5) = 5$  jam < 24 jam.

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 5 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.185

Beban siang 79,8 % ,

suhu lilitan =  $(79,8 \% \times 98^{\circ}) = 78,2^{\circ}\text{C}$

Beban malam 95,71 % ,

suhu lilitan =  $(95,71 \% \times 98^{\circ}) = 93,8^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $93,8^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $93,8^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $78,2^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $92^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,5

Pada suhu  $98^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 1

Jadi pada suhu  $93,8^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,65

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.

Jadi pada suhu  $78,2^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$(4 \times 0,65) + (20 \times 0,125) = (2,6) + (2,5) = 5,1$  jam < 24 jam.

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 5,1 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.192

Beban siang 55,3 % ,

suhu lilitan =  $(55,3 \% \times 98^{\circ}) = 54,2^{\circ}\text{C}$

Beban malam 80,80 % ,

suhu lilitan =  $(80,80 \% \times 98^{\circ}) = 79,2^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $79,2^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani, selama 4 jam pada suhu  $79,2^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $54,2^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.

Jadi pada suhu  $79,2^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125. dan  $54,2^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :  
 $(4 \times 0,125) + (20 \times 0,125) = (0,5) + (2,5) = 3 \text{ jam} < 24 \text{ jam}$ .

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 3 jam. Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.407

Beban siang 14,6 %, suhu lilitan =  $(14,6 \% \times 98^{\circ}) = 14,3^{\circ}\text{C}$

Beban malam 88,40 %, suhu lilitan =  $(88,40 \% \times 98^{\circ}) = 86,63^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $86,63^{\circ}\text{C}$ .

Jadi, diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $86,63^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $14,3^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $86^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,25  
 Pada suhu  $92^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,5  
 Jadi pada suhu  $86,63^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,28

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125. Jadi pada suhu  $14,3^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :  
 $(4 \times 0,28) + (20 \times 0,125) = (1,12) + (2,5) = 3,62 \text{ jam} < 24 \text{ jam}$ .

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 3,62 jam. Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan. Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.134

Beban siang 81,0 %, suhu lilitan =  $(81,0 \% \times 98^{\circ}) = 79,38^{\circ}\text{C}$

Beban malam 96,20 %, suhu lilitan =  $(96,20 \% \times 98^{\circ}) = 94,27^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $94,27^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $94,27^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $79,38^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $92^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,5  
 Pada suhu  $98^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u) = 1  
 Jadi pada suhu  $94,27^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,68

Pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  susut umur (p.u)nya = 0,125. Jadi pada suhu  $79,38^{\circ}\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :  
 $(4 \times 0,68) + (20 \times 0,125) = (2,72) + (2,5) = 5,22 \text{ jam} < 24 \text{ jam}$ .

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 5,22 jam. Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan. Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.30

Beban siang 90,7 %, suhu lilitan =  $(90,7 \% \times 98^{\circ}) = 88,88^{\circ}\text{C}$

Beban malam 106,42 %, suhu lilitan =  $(106,42 \% \times 98^{\circ}) = 104,29^{\circ}\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $104,29^{\circ}\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $104,29^{\circ}\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $88,88^{\circ}\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $104^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) = 2

Pada suhu  $110^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) = 4

Jadi pada suhu  $104,29^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 2,1

Pada suhu  $86^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) nya = 0,25

Pada suhu  $92^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) nya = 0,5.

Jadi pada suhu  $88,88^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) nya = 0,375.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$(4 \times 2,1) + (20 \times 0,375) = (8,4) + (7,5) = 15,9 \text{ jam} < 24 \text{ jam}$ .

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 15,9 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.65

Beban siang 72,8 %,  
suhu lilitan =  $(72,8 \% \times 98^\circ) = 71,34^\circ\text{C}$

Beban malam 83,09 %,  
suhu lilitan =  $(83,09 \% \times 98^\circ) = 81,43^\circ\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $81,43^\circ\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $81,43^\circ\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $71,34^\circ\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $80^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,125

Pada suhu  $86^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,25

Jadi pada suhu  $81,43^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,15

Diasumsikan untuk suhu  $\leq 80^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,125.

Jadi pada suhu  $71,34^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$(4 \times 0,15) + (20 \times 0,125) = (0,6) + (2,5) = 3,1 \text{ jam} < 24 \text{ jam}$ .

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 3,1 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.447

Beban siang 96,5 %,  
suhu lilitan =  $(96,5 \% \times 98^\circ) = 94,57^\circ\text{C}$

Beban malam 99,3 %,  
suhu lilitan =  $(99,3 \% \times 98^\circ) = 97,31^\circ\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $97,31^\circ\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $97,31^\circ\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $94,57^\circ\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

Pada suhu  $92^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) = 0,5

Pada suhu  $98^\circ\text{C}$  susut umur (p.u) = 1

Jadi pada suhu  $97,31^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) = 0,92

dan pada suhu  $94,57^\circ\text{C}$  perkiraan susut umur (p.u) nya = 0,71.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :

$(4 \times 0,92) + (20 \times 0,71) = (3,68) + (14,2) = 17,88 \text{ jam} < 24 \text{ jam}$ .

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 17,88 jam.

Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.

Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.242

Beban siang 79,5 %,  
suhu lilitan =  $(79,5 \% \times 98^\circ) = 77,91^\circ\text{C}$

Beban malam 111,76 %,  
suhu lilitan =  $(111,76 \% \times 98^\circ) = 109,52^\circ\text{C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah  $109,52^\circ\text{C}$ .

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu  $109,52^\circ\text{C}$  dan selama 20 jam pada suhu  $77,91^\circ\text{C}$ .

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :



Pada suhu 104° C susut umur (p.u) = 2  
 Pada suhu 110° C susut umur (p.u) = 4  
 Jadi pada suhu 109,52° C perkiraan susut umur (p.u) = 4

Pada suhu 80° C susut umur (p.u) = 0,125  
 Jadi pada suhu 77,91° C perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :  
 $(4 \times 4) + (20 \times 0,125) = (16) + (2,5) = 18,5 \text{ jam} < 24 \text{ jam.}$

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 18,5 jam.  
 Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.  
 Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

#### Gardu M.28

Beban siang 52,5 %,  
 suhu lilitan =  $(52,5 \% \times 98^\circ) = 51,45^\circ \text{ C}$

Beban malam 82,76 %,  
 suhu lilitan =  $(82,76 \% \times 98^\circ) = 81,1^\circ \text{ C}$

Suhu lilitan selama beban puncak berlangsung (4 jam) adalah 81,1° C.

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 4 jam pada suhu 81,1° C dan selama 20 jam pada suhu 51,45° C.

Perkiraan perhitungan susut umur selama satu hari satu malam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $T_c$  adalah :

Pada suhu 80° C susut umur (p.u) = 0,125  
 Pada suhu 86° C susut umur (p.u) = 0,25

Jadi pada suhu 81,1° C perkiraan susut umur (p.u) = 0,148  
 dan pada suhu 51,45° C perkiraan susut umur (p.u)nya = 0,125.

Perkiraan susut umur selama satu hari satu malam adalah :  
 $(4 \times 0,148) + (20 \times 0,125) = (0,59) + (2,5) = 3,09 \text{ jam} < 24 \text{ jam.}$

Jadi hasil dari perkiraan susut umur transformator selama satu hari satu malam adalah = 3,09 jam.  
 Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka umur transformator tidak mengalami penyusutan.  
 Jadi perkiraan umur transformatornya masih diatas 20 tahun.

Untuk rangkuman hasil dapat dilihat pada tabel V.

TABEL V. PERKIRAAN UMUR TRAFU DENGAN BEBAN  $\geq 80 \%$

No	Gardu / Lokasi	Beban - Suhu Lilitan				Perkiraan Susut Umur			Perkiraan Umur Transformator (tahun)
		Siang		Malam		LBP* (p.u.)	BP** (p.u.)	Satu hari (jam)	
		%	°C	%	°C				
13.	M.402/Citra Land 5	52,0	50,96	81,36	79,73	0,125	0,125	3	>20
14.	M.382/Citra Land 2	79,4	77,81	95,5	93,59	0,125	0,625	5	>20
17.	M.233/Alfa Mas Pineleng	84,8	83,1	84,72	83,02	0,188	0,188	4,51	>20
18.	M.213/Lota Pineleng	56,3	55,17	95,25	93,35	0,125	0,625	5	>20
24.	M.185/Pineleng Dalam	79,8	78,2	95,71	93,8	0,125	0,65	5,1	>20
26.	M.192/BPG Pineleng	55,3	54,2	80,80	79,2	0,125	0,125	3	>20
49.	M.407/PAM J. Winangun 2	14,6	14,3	88,40	86,63	0,125	0,28	3,62	>20
55.	M.134/Astrama Bali	81,0	79,38	96,20	94,27	0,125	0,68	5,22	>20
56.	M.30/Pertigaan Kleak	90,7	88,88	106,42	104,29	0,375	2,1	15,9	>20
57.	M.65/Stadion Klabat	72,8	71,34	83,09	81,43	0,125	0,15	3,1	>20
62.	M.447/Fak. Peternakan	96,5	94,57	99,3	97,31	0,71	0,92	17,88	>20
67.	M.242/Dr Supit	79,5	77,91	111,76	109,52	0,125	4	18,5	>20
69.	M.28/RK Misi Winangun	52,5	51,45	82,76	81,1	0,125	0,148	3,09	>20

\*Luar Beban Puncak , \*\*Beban Puncak

## V. PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulannya yakni pembebanan pada penyulang SL 7 masih belum merata. Pembebanan maksimum trafo (beban puncak) pada penyulang SL 7 terjadi pada malam hari.

Trafo dengan beban  $\geq 100 \%$  dari daya nominal tidak mengalami penyusutan umur, seperti pada trafo gardu M.30 (Pertigaan Kleak) dan M.242 (Dr. Supit). Trafo dengan masa pakai  $\geq 20$  tahun tidak mengalami penyusutan umur, seperti pada trafo gardu M.99 (Winangun Dalam) dan trafo gardu M.28 (RK Misi Winangun). Trafo gardu M.28 (RK Misi Winangun) adalah trafo dengan beban  $> 80 \%$  yang sudah beroperasi  $> 20$  tahun. Beban trafo yang melebihi  $100 \%$  pada beban puncak diperkirakan tidak terlalu mempengaruhi umur trafo. Pembebanan trafo masih dapat dioptimalkan hingga  $100 \%$  pada saat kondisi beban puncak.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Suswanto, SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. Tersedia di : <http://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-9-gardu-distribusi.pdf>
- [2] E. S. Peginusa, Studi Sistem Proteksi Transformator Distribusi Dengan Menggunakan CSP Guna Meningkatkan Pelayanan PLN Pada Konsumen, *Skripsi*, Fakultas Teknik Unsrat, Manado, 2003.
- [3] Materi Pembidangan SMK Bidang Operasi Distribusi (Buku-II), PT. PLN (Persero) PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN
- [4] Mulyadi, Analisa Pembebanan Trafo Distribusi Untuk Mengoptimalkan Pelayanan Pasang Baru Dan Tambah Daya, PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Timur Area Berau - Rayon Tanjung Selor, 2013. Tersedia di : <http://pdj.pln-pusdiklat.co.id/mentoring/files/keg/1781/TS%20MULYADI%20revisi.pdf>
- [5] SPLN 95\_1994, Transformator Dengan Pengaman Sendiri Fase Tunggal Untuk Jaringan Sistem Fase-Tiga 4-Kawat, 1994.
- [6] SPLN D3.002-1 : 2007, Spesifikasi Transformator Distribusi.
- [7] Syafriyudin, Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 kV di APJ Yogyakarta, *Jurnal Teknologi* Volume 4 Nomor 1, 2011. Tersedia di : <http://jurtek.akprind.ac.id/sites/default/files/88-95-dien.pdf>
- [8] Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya, PT. Gramedia PU, Jakarta, 1993.