

ANALISIS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI AKIBAT GANGGUAN OVERLOAD DAN SPARKOVER DI PT. PLN (PERSERO) APJ YOGYAKARTA

Krisno Samangun¹, Muhammad Suyanto², Sigit Priyambodo³
Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222
Telp (0274) 563029
Email¹ : mrkrisno606@gmail.com

INTISARI

Transformator distribusi merupakan peralatan yang vital dalam sistem distribusi tenaga listrik, dikarenakan gangguan atau kerusakan yang terjadi pada transformator akan mengakibatkan dampak kerugian bagi pihak pelanggan maupun PLN.

Dalam penelitian ini akan dipaparkan beberapa sebab terjadinya gangguan *overload* dan *sparkover*. Pada akibat gangguan transformator dikelompokkan menjadi gangguan akibat beban lebih, hubung singkat, disambar petir, kegagalan minyak transformator dan bushing pecah. Oleh karena itu penelitian ini bersifat studi kasus, dengan metode pengambilan data dengan cara observasi, studi pustaka, dokumentasi, dan survey sebagai pendukung penelitian.

Gangguan transformator distribusi yang paling banyak terjadi di Yogyakarta adalah gangguan transformator akibat beban lebih dengan kapasitas 50 kVA dengan total dari semua gangguan yaitu sebanyak 81 gangguan (98,26%) pada tahun 2016. Dari gangguan-gangguan transformator yang di analisa, maka adanya pemeliharaan yang teratur dan terkontrol terhadap komponen-komponen dari transformator distribusi secara berkala agar terjadi gangguan *overload* dan *sparkover* dapat mengantisipasi dengan cepat

Kata kunci : Transformator distribusi, Daya (kVA), *Overload*, *Sparkover*.

ABSTRACT

Distribution transformer is a vital equipment in the power distribution system, due to interference or damage occurred in the transformer will result in losses for customer impact customers or PLN.

In this study will be presented some of the causes of the disorder sparkover and overload. In the transformer due to interference grouped into problems due to overload, short circuit, struck by lightning, failure of transformer oil and broken bushing. Therefore, this study is a case study, the method of data collection by observation, literature, documentation, and surveys as research support.

Disruption of distribution transformer is most common in Yogyakarta is a disorder of the transformer due to load with a capacity of 50 kVA with a total of all the distractions that as many as 81 disorders (98.26%) in 2016. From disturbances transformer is analyzed, then their maintenance orderly and controlled the components of the distribution transformer periodically for interference overload and sparkover can anticipate quickly

Keywords : *Distribution transformers, Power (kVA), Overload, Sparkover.*

I. PENDAHULUAN

Agar kebutuhan listrik di semua sektor ini dapat di penuhi maka diperlukan suatu sistem tenaga listrik yang handal agar pasokan listrik dapat terjaga dan merata distribusinya untuk semua wilayah yang membutuhkan. PLN adalah perusahaan di Indonesia yang bertanggung jawab mengemban tugas yang

mulia ini, baik dari segi pembangkitan, transmisi, dan distribusi.

Sistem distribusi tenaga listrik di salurkan mulai dari pembangkit melalui gardu induk transformator *Step Up*, kemudian di salurkan melalui saluran transmisi dengan tegangan 150 kV. Dari saluran transmisi, tegangan di turunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator *Step Down* pada gardu induk distribusi. Pada gardu

induk distribusi di turunkan tegangan dari 20 kV menjadi tegangan rendah 220/380V sampai ke konsumen.[1]

Sistem distribusi PT. PLN (Persero) APJ Yogyakarta yang beralamat di Jln Gedong Kuning No 3 Banguntapan Yogyakarta disuplai dari 7 Gardu Induk yaitu GI Gejayan, GI Kentungan, GI Semanu, GI Bantul, GI Wirobrajan, GI Godean dan GI Medari. Dari Gardu Induk ini, tenaga listrik didistribusikan melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) ke sejumlah transformator distribusi yang selanjutnya akan disalurkan ke Pelanggan Tegangan Rendah (TR). Dalam penyaluran tenaga listrik hingga sampai ke konsumen sering terjadi berbagai macam gangguan yang dapat menghambat proses penyaluran tenaga listrik tersebut. Salah satu gangguan yang sering terjadi yaitu pada transformator distribusi. Untuk itu maka penanganan dan pencegahan yang efisien sangat diperlukan menjaga kelancaran distribusi listrik.

Untuk daya yang disuplai ke transformator distribusi PT. PLN (persero) APJ Yogyakarta merupakan salah satu pendistribusian tenaga listrik untuk pelayanan yang tidak ada hentinya dalam melayani area Yogyakarta, oleh karena itu ada kalanya terjadi *overload* dan terjadi *sparkover* pada transformator-transformator distribusi yang dipasang, maka berdasarkan permasalahan akan terjadi dan yang sudah terjadi ada, untuk mengetahui *overload* dan *sparkover* pada transformator distribusi.

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik kerangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan medan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip electromagnet.[2]

Dalam keadaan normal arus yang mengalir ke transformator tentunya diharapkan tidak melebihi arus nominalnya. Apabila arus yang mengalir melebihi harga nominal akan mengakibatkan transformator mengalami kerusakan. Hal ini tentunya tidak dikehendaki sama sekali.[3]

Gangguan pada peralatan ketenagaan listrik sudah menjadi bagian dari pengoperasian peralatan tenaga listrik. Mulai dari pembangkit transmisi hingga pusat-pusat beban tidak pernah

lepas dari berbagai macam gangguan. Bagian dari peralatan tenaga listrik yang sering mengalami gangguan adalah kawat transmisinya (kira-kira 70-80% dan seluruh gangguan).[4]

Pengertian *overload* (beban lebih) adalah suatu keadaan dimana beban listrik yang mengalir melebihi kapasitas yang tersedia. Pengertian *overload* bisa juga di artikan sebagai melonjaknya suatu arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian di mana tidak sesuai dengan pengaturan yang telah di tetapkan. Menurut SPLN, transformator *overload* apabila beban transformator melebihi 80% dari kapasitas transformator (*nameplate*) atau arus nominal (In).[5]

Sparkover (Percikan bunga api) dikenal dengan lompatan bunga api yang diakibatkan ada beberapa gangguan diantaranya gangguan hubung singkat, gangguan sambaran petir, gangguan kegagalan minyak transformator dan gangguan akibat bushing pecah yang dapat mengakibatkan gangguan *sparkover* pada transformator distribusi. *Sparkover* merupakan suatu fenomena dimana elektron mengalir melalui udara dari suatu penghantar ke penghantar yang lain. *Discharge* terjadi pada udara atau gas yang tidak melibatkan permukaan isolasi sehingga timbul panas yang menyebabkan naiknya suhu lilitan tersebut. Kenaikan ini menyebabkan rusaknya isolasi lilitan pada kumparan transformator sehingga memperpendek umur dari transformator dan menyebabkan kegagalan isolasi. [6]

Beberapa fenomena susulan lain yang sering muncul akibat mengalirnya arus bocor adalah pemanasan pada permukaan isolator, munculnya busur listrik (*arc*), percikan apii (*spark*) dan terjadinya lewat denyar (*flashover*). Pemanasan secara terus-menerus di permukaan isolator dapat mempercepat penuaan (*aging*), terutama pada isolator polimer. Munculnya busur listrik (*arc*) dan terjadinya lewat denyar menyebabkan terbentuknya jejak erosi (*tracking*) pada permukaan isolator yang memiliki kontribusi terhadap proses penuaan dan menurunkan hidrofobisitas isolator.[7]

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan diantaranya adalah: dapat diatasi bila sewaktu-waktu terjadi gangguan pada transformator distribusi, khususnya gangguan beban lebih, hubung singkat, sambaran petir, kegagalan

minyak transformator dan bushing pecah pada transformator distribusi. Dari gangguan-gangguan yang timbul tersebut maka dapat mengetahui akibat gangguan *overload* dan *sparkover* pada transformator di distribusi, serta dilakukan penanganan untuk mengurangi gangguan pada transformator distribusi.

II. METODE

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini tentang studi kasus dengan pengambilan data gangguan transformator distribusi akibat *overload* dan *sparkover*. Agar memperoleh data dan informasi secara lengkap, tepat dan jelas, maka penulis menerapkan metode observasi, suatu cara pengumpulan data dengan cara mengadakan pengamatan secara langsung terhadap transformator distribusi, selain itu ada juga metode yang di gunakan yaitu metode pengambilan data dengan cara studi pustaka, dokumentasi dan survei sebagai pendukung penelitian penyelesaian skripsi. Bahan yang akan di gunakan dalam penelitian ini adalah komponen-komponen yang memiliki hubungan dengan analisis yang akan di susun, bahan-bahan tersebut adalah sebagai berikut : Data transformator distribusi yang mengalami gangguan akibat *overload* dan *sparkover*. Aset transformator distribusi PT.PLN (persero) APJ Yogyakarta.

Berdasarkan data yang didapatkan akibat gangguan *overload* dan *sparkover* terhadap transformator distribusi adalah gangguan akibat beban lebih, hubung singkat, disambar petir, minyak trafo dan bushing pecah. Dari gangguan tersebut maka penulis merekap data sesuai kelompok gangguan pada transformator dan data gangguan sesuai kapasitas transformator.

Tabel 1 Data Gangguan Transformator di Tahun 2016

Kelompok Gangguan	Jumlah Gangguan	%
Beban Lebih (A)	81	98,26%
Hubung Singkat (B)	4	26,61%
Disambar Petir (C)	5	33,26%
Minyak Trafo (D)	2	13,30%
Bushing Pecah (E)	2	13,30%
TOTAL	94	100%

Tabel 2 Data Gangguan Transformator Berdasarkan Kapasitas di Tahun 2016

Kelompok Gangguan	Kapasitas Trafo (kVA)			
	25	50	100	160
Beban Lebih (A)	13	65	3	-
Hubung Singkat (B)	-	3	1	-
Disambar Petir (C)	1	3	1	-
Minyak Trafo (D)	-	-	1	1
Bushing Pecah (E)	-	-	2	-
TOTAL	14	71	8	1

Jumlah Transformator Distribusi terpasang di Yogyakarta pada tahun 2016 = 1503.

Jumlah Gangguan Transformator Distribusi di Yogyakarta pada tahun 2016 = 94

Dari Tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa keseluruhan gangguan transformator akibat *overload* dan *sparkover* terjadi pada transformator pasang luar (*outdoor*) dengan kapasitas 25 kVA, 50 kVA, 100 kVA dan 160 kVA

Tabel 3 Data Gangguan Transformator Per Bulan di Yogyakarta Tahun 2016

BULAN	A	B	C	D	E	Total
Januari	13	2	1	-	1	17
Februari	9	-	-	1	-	10
Maret	5	-	1	-	-	6
April	2	-	-	-	-	2
Mei	1	-	-	-	-	1
Juni	8	-	-	-	-	8
Juli	7	-	-	-	-	7
Agustus	3	-	-	-	-	3
September	3	-	1	1	-	5
Oktober	8	-	-	-	1	9
November	10	-	1	-	-	11
Desember	12	2	1	-	-	15
TOTAL	81	4	5	2	2	94

Untuk mengetahui persentase gangguan transformator menurut SPLN dalam mengetahui besar persentase untuk melakukan perbaikan dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\frac{\text{Jumlah}}{\text{Total Aset Transformator}} \times 100\% \quad (1)$$

Untuk mengetahui persentase rata-rata pembebanan gangguan transformator yang mengalami *overload* (beban lebih) diatas 80% menurut SPLN dalam perbaikan pembebanan pada transformator untuk semua jumlah transformator yang mengalami *overload* dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\frac{\text{Total Beban}}{\text{Jumlah Transformator}} \times 100\% \quad (2)$$

Pemilihan kapasitas kVA transformator distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan persentase pembebanan transformator distribusi mendekati 80%. Transformator distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi trafo minimum). Bila beban transformator terlalu besar, maka dilakukan penggantian transformator atau penyisipan transformator atau mutasi transformator (transformator yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar transformator dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban di peroleh. Persamaan yang dapat digunakan untuk perhitungan rating transformator yang di pilih.

Rating transformator distribusi =

$$\frac{\text{KVA Beban (KVA)}}{0,8} \quad (3)$$

Sisip transformator adalah dengan cara menambah atau menyisipkan transformator untuk mengurangi beban transformator yang telah *overload*. Selain untuk mengatasi *overload* sisip transformator juga berfungsi untuk mencegah tegangan jatuh (*voltage drop*) pada konsumen tidak terlalu tinggi. Peletakan transformator distribusi sisip jarak maksimumnya dari transformator distribusi pertama dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$l \text{ max} = \frac{10 \% \times V \text{ 1vc}}{i \text{ beban puncak} \times r \text{ saluran}} \quad (4)$$

dimana :

i : beban puncak pada transformator adalah 131,2 A

r : saluran JTR standar adalah 0,0729 Ω

V1vc : 47.000 VA

Hubung singkat dapat terjadi melalui dua atau tiga saluran fasa sistem distribusi. Arus lebih yang dihasilkan oleh hubung singkat tergantung pada besar kapasitas daya penyulang, besar tegangan, dan besar impedansi dari rangkaian yang mengalami gangguan. Hubung singkat menghasilkan panas yang cukup tinggi pada sisi primer transformator,

sebagai akibat naiknya rugi-rugi tembaga sebagai perbandingan dari kuadrat arus gangguan. Arus gangguan yang besar ini mengakibatkan banyak tekanan mekanik (*mechanical stress*) pada trafo.

Arus hubung singkat pada trafo dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$I_{sc} = \frac{kVA_T \cdot 100}{\%Z \cdot \sqrt{3} \cdot kV} \quad (5)$$

Dimana:

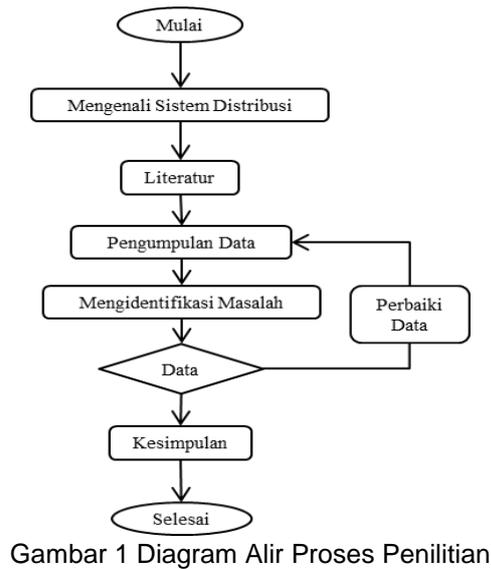
kVA_T : Daya Trafo (kVA)

%Z : Presentase Impedansi

kV : Tegangan fasa-fasa pada sisi tegangan rendah (kV)

Gangguan sambaran petir dibagi atas dua, yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Sambaran langsung adalah sambaran petir dari awan yang langsung menyambar jaringan sehingga menyebabkan naiknya tegangan cepat. Daerah yang kena sambaran dapat terjadi pada tower, kawat petir dan kawat penghantar. Besarnya arus dan tegangan akibat sambaran ini tergantung pada besar arus kilat, waktu muka dan jenis tiang saluran. Sambaran tidak langsung atau sambaran induksi terjadi akibat sambaran petir ke bumi atau sambaran petir dari awan kea wan di dekat saluran sehingga menyebabkan timbulnya muatan induksi pada jaringan.

Kegagalan isolasi minya transformator disebabkan karena beberapa hal antara lain minyak transformator tersebut sudah lama di pakai, berkurangnya kekuatan dielektris dank arena minyak transformator tersebut dikenakan tegangan lebih. Pada prinsipnya tegangan pada isolator merupakan suatu tarikan atau tekanan (*stress*) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolator itu sendiri supaya isolator itu tidak gagal. Dalam struktur molekul material isolasi minyak trafo, electron-elektron terikat erat pada molekulnya, dan ikatan ini mengadakan perlawanan terhadap tekanan yang disebabkan oleh adanya tegangan. Bila tegangan ini putus pada suatu tempat maka sifat isolasi pada tempat itu akan hilang. Bila pada bahan isolasi tersebut diberikan tegangan akan terjadi perpindahan electron-elektron dari suatu molekul ke molekul lainya sehingga timbul arus konduksi atau arus bocor. Karakteristik isolator akan berubah bila material tersebut kemasukan suatu ketidak murnian (*impurity*) seperti adanya arang atau kelembaban dalam isolasi yang dapat menurunkan tegangan gagal.

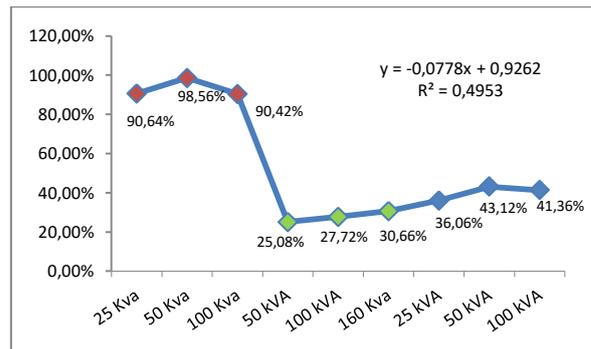
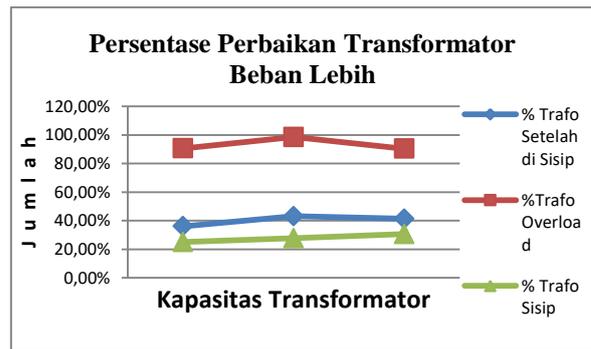


III. PEMBAHASAN

Tabel 4 Hasil Pengukuran pemindahan Beban Transformator Beban Lebih

Sebelum pemindahan beban							
Arus Induk (A)			Daya (VA)			% Beban	
F a s e	25 kVA	50 kVA	100 kVA	25 kVA	50 kVA		100 kVA
R	56	109	125	12320	23980	27500	25 kVA = 90,64%
S	47	115	176	10340	25300	38720	
T	-	-	110	-	-	24200	50 kVA = 98,56%
N	13	50	-	-	-	-	
Total				22660	49280	90420	

Setelah pemindahan beban							
Arus Induk (A)			Daya (VA)			% Beban	
F a s e	25 kVA	50 kVA	100 kVA	25 kVA	50 kVA		100 kVA
R	25	48	55	5280	10560	12100	25 kVA = 36,06%
S	21	50	83	4620	11000	18260	
T	-	-	50	-	-	11000	50 kVA = 43,12%
N	12	30	-	-	-	-	
Total				9900	21560	41360	

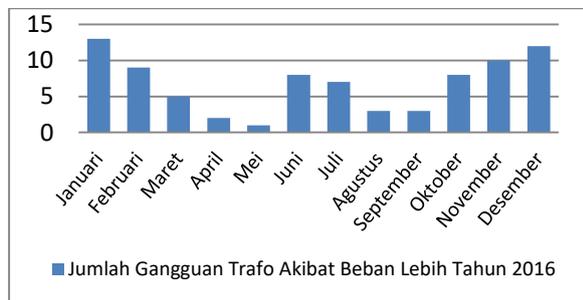


Gambar 2 Perbandingan Persentase Perbaikan Pembebanan Transformator Yang Mengalami Beban Lebih

Setelah pemindahan beban transformator *overload* 25 kVA, 50 kVA dan 100 kVA ke transformator sisip 50 kVA, 100 kVA dan 160 kVA maka didapatkan kondisi pembebanan transformator yang ideal yaitu, transformator *overload* 25 kVA tidak mengalami *overload* lagi dengan beban 9,90 kVA (36,06%), 50 kVA tidak mengalami *overload* lagi dengan beban 21,56 kVA (43,12%) dan trafo 100 kVA tidak mengalami *overload* lagi dengan beban dengan beban 41,36 kVA (41,36%) dan transformator sisip 50 kVA, dengan beban 12,54 kVA (25,08%), 100 kVA dengan beban 27,72 kVA (27,73%) dan 160 kVA dengan beban 49,06 kVA (30,66%). Kondisi pembebanan transformator ini adalah kondisi pembebanan yang sangat ideal menurut ketentuan PLN.

Dari data yang didapatkan dari lapangan dapat dilihat bahwa akibat gangguan beban lebih, lebih banyak terjadi pada malam hari dan berkisar pada bulan Januari, Juni dan Desember yaitu sebanyak 98,26%. Hal ini dikarenakan pada bulan itu pemakaian pada konsumen bertingkat untuk setiap bulan bahkan setiap tahunnya. Untuk kondisi seperti ini terus menerus maka mengurangi umur transformator maka mengakibatkan kerusakan pada transformator itu sendiri dan akan menimbulkan

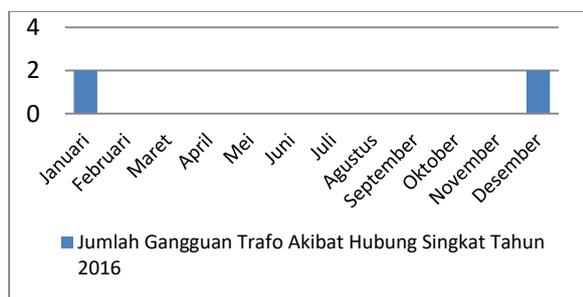
banyak kerugian yang berasal dari PLN dan masyarakat. Kriteria ini adalah terjadi gangguan pada transformator dimana terdapat tanda-tanda di lapangan akibat terjadinya beban lebih.



Gambar 3 Jumlah Gangguan Transformator Akibat Beban Lebih di Yogyakarta Tahun 2016

Berdasarkan banyaknya transformator distribusi yang mengalami beban lebih (*overload*) seperti yang terlihat pada Tabel 1 maka tindakan yang harus segera dilakukan agar transformator bekerja secara efisien (terlepas dari rugi-rugi transformator) adalah: Penambahan kuantitas pengukuran transformator, tindakan perbaikan, memonitoring konsumen pasang baru dan tambah daya, melakukan penanganan serius terhadap penggunaan listrik ilegal, dan perawatan transformator distribusi.

Dari data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa gangguan hubung singkat terjadi pada transformator pasang luar yaitu sebanyak 4 unit transformator yang mengalami gangguan. Survei gangguan pada gangguan hubung singkat berdasarkan kapasitas adalah 50 kVA, dan 100 kVA dengan persentase 26,61%.



Gambar 4 Jumlah Gangguan Transformator Akibat Hubung Singkat di Yogyakarta Tahun 2016

Hal ini dikarenakan pada musim hujan biasanya disertai dengan angin kencang yang dapat menumbangkan pohon dan tiang listrik

sehingga dapat menimbulkan gangguan hubung singkat.

Apabila terjadi hubung singkat maka terjadi peningkatan suhu pada lilitan transformator sehingga menyebabkan kenaikan suhu pada minyak transformator. Hubung singkat menyebabkan memburuknya isolasi transformator dan jika terus menerus demikian dapat menyebabkan gagalnya isolasi transformator sehingga terjadi kerusakan yang besar pada transformator itu sendiri.

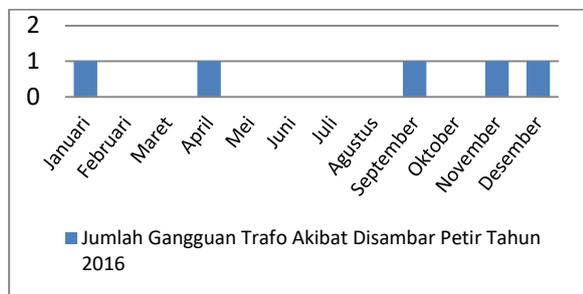
Tabel 5 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat

Kapasitas Transformator (Kva)	Arus Hubung Singkat Sisi Primer 20 kVA		Arus Hubung Singkat Sisi Sekunder 400 VA	
	3 phasa	2 phasa	3 phasa	2 phasa
50	15764,6	13652,54	1804,40	1562,6
100			3608,80	3125,3

Untuk mengatasi gangguan hubung singkat adalah dengan menggunakan *fuse* dengan rating yang tepat sehingga *fuse* dapat memutuskan arus hubung singkat sebelum arus tersebut mencapai transformator sehingga dapat merusak transformator. Sesuai dengan SNI 04-0225-2000 pasal 3.24.3, *fuse* harus memutuskan arus beban lebih sebelum arus tersebut dapat menyebabkan kenaikan suhu yang merusak isolasi, sambungan, terminasi atau sekeliling penghantar. Sesuai dengan pasal 3.24.4, *fuse* harus memutus setiap arus hubung singkat pada penghantar sebelum arus tersebut dapat menyebabkan bahaya karena efek termal dan mekanis yang terjadi pada penghantar dan hubungan. Pemilihan *fuse cutout* dilakukan berdasarkan besar arus nominal sisi primer transformator, transformator 50 kVA = 1,44 A dan Transformator 100 kVA = 2,88 A. Jadi digunakan *fuse cutout* dengan rating *fuse cutout* Tipe K sebesar 2 Ampere dan 3 Ampere.

Gangguan transformator akibat sambaran petir adalah gangguan kedua yang paling banyak terjadi di Yogyakarta. Pada tahun 2016 terjadi 5 gangguan transformator distribusi akibat sambaran petir yang merupakan 33,26% dari total gangguan. Dari data dapat dilihat bahwa gangguan akibat sambaran petir di Yogyakarta terjadi pada bulan Januari, Maret, September, November dan Desember pada tahun 2016. Dapat disimpulkan bahwa gangguan akibat sambaran petir hanya terjadi pada musim hujan

dimana banyak sambaran petir. Kriteria dari gangguan ini adalah terjadinya gangguan transformator distribusi dimana arrester yang terpasang tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga arus petir dapat mengenai transformator.



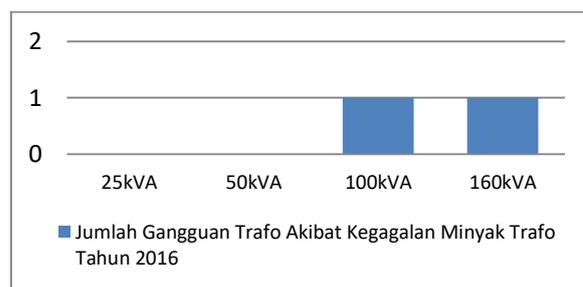
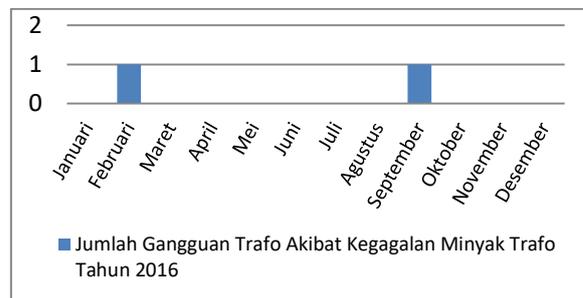
Gambar 5 Jumlah Gangguan Akibat Sambaran Petir di Yogyakarta Tahun 2016

Apabila tegangan lebih yang muncul akibat sambaran petir tidak dialihkan oleh arrester ke tanah, maka tegangan lebih tersebut akan mencapai transformator. Jika tegangan lebih tersebut lebih besar dari BIL isolasi trafo, maka tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi lilitan transformator dan mengakibatkan hubungan singkat antar lilitan sehingga menyebabkan kerusakan pada kumparan transformator. Pada kondisi baik, arrester akan mengalihkan arus bertegangan lebih yang muncul akibat sambaran petir ke tanah. Tetapi apabila terjadi kerusakan pada arrester, arus tersebut tidak dialihkan ke tanah oleh arrester sehingga akan mencapai transformator dan menyebabkan kerusakan pada transformator. Untuk mencegah gangguan akibat sambaran petir adalah dengan menggunakan arrester yang dapat berfungsi dengan baik, menggunakan pembumian dengan tahanan tanah dibawah 5 ohm. Salah satu cara untuk mendeteksi kerusakan arrester adalah dengan mengukur arus kebocoran arrester. Pada kondisi operasi normal, arus bocor pada arrester tidak boleh melebihi 2 mA. Apabila arus bocor melebihi angka tersebut menunjukkan adanya kerusakan pada arrester. Hal ini dapat terjadi bila tahanan non linier pada arrester mengalami kerusakan.

Sistem pembumian yang baik juga mempunyai peranan penting dalam keberhasilan arrester mengalihkan arus petir ke bumi. Untuk pembumian yang efektif, tahanan pembumian harus diusahakan dibawah 5 ohm sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 04-0225-2000 pasal 3.13.2.10. Tetapi hal ini cukup sulit dilakukan mengingat ketahanan tanah di berbagai tempat nilainya berbeda. Untuk mengantisipasi hal ini

maka elektroda pembumian perlu untuk di tanam cukup dalam di dalam tanah dimana kandungan air dalam tanah cukup banyak sehingga tahanan pembumian dapat tetap stabil sepanjang musim. Tahanan pembumian juga dapat dikurangi dengan pemasangan beberapa elektroda secara paralel dengan syarat jarak antara elektroda-elektroda tersebut tidak boleh kurang dari 2 kali panjang elektroda.

Gangguan transformator akibat kegagalan minyak trafo merupakan gangguan yang cukup jarang terjadi di Yogyakarta. Pada tahun 2016 terjadi 2 gangguan akibat kegagalan minyak transformator yang merupakan 13,30% dari total gangguan. Dari data dapat dilihat bahwa gangguan akibat kegagalan minyak transformator pada tahun 2016 hanya terjadi pada transformator dengan kapasitas diatas 100 kVA saja. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kegagalan minyak transformator lebih mungkin terjadi pada transformator dengan kapasitas besar. Kriteria dari gangguan ini adalah terjadinya gangguan transformator dimana terjadi *insulation breakdown* pada minyak transformator yang dapat diketahui melalui hasil pengecekan.



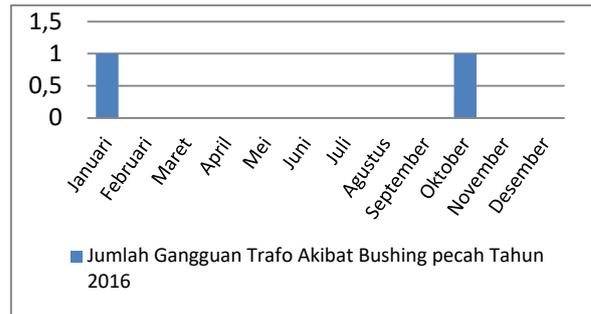
Gambar 6 Jumlah Gangguan Akibat Kegagalan Minyak Transformator di Yogyakarta Tahun 2016

Kegagalan isolasi minyak transformator (*insulation breakdown*) dapat terjadi akibat penurunan kualitas minyak transformator sebagai isolasi dimana kekuatan dielektrisnya menurun. Hal ini dapat disebabkan oleh

beberapa hal antara lain minyak transformator tersebut sudah lama dipakai, minyak transformator tersebut dikenakan tegangan lebih, atau terjadi pencemaran akibat munculnya zat-zat asing di dalam minyak. Zat-zat tersebut dapat berupa kotoran, partikel-partikel logam, air yang larut dalam minyak, dan gas yang menyebabkan munculnya gelombang di dalam minyak. Minyak transformator berfungsi sebagai isolasi untuk memisahkan kumparan transformator dengan bagian-bagian transformator lainnya secara elektrik. Akibat dari menurunnya kekuatan dielektrisnya minyak transformator adalah tembusnya minyak transformator oleh arus listrik yang berasal dari kumparan transformator sehingga apabila arus tersebut mencapai body transformator akan menimbulkan gangguan fasa ke tanah, atau menimbulkan gangguan fasa ke fasa apabila arus tersebut mencapai kumparan lainnya.

Untuk mencegah terjadinya kegagalan minyak transformator, maka minyak transformator yang kekuatan dielektrisnya sudah jelek harus diganti. Sesuai dengan SPLN 49-1 : 1982, minyak transformator dianggap baik apabila memiliki kekuatan dielektris lebih dari 30 kV/2,5 mm, maka minyak tersebut masih dapat direkondisikan (*purifying*) sehingga kekuatan dielektris minyak tersebut dapat meningkatkan dan dapat digunakan kembali. Rekondisi dapat dilakukan dengan proses filtrasi sentrifugal sederhana atau dengan dehidrasi ruang hampa. Pada filtrasi sentrifugal, minyak dialirkan melalui rotor yang berputar dengan kecepatan tinggi sehingga partikel-partikel asing yang berada di dalam minyak akan menempel pada dinding yang berpori-pori. Dehidrasi ruang hampa digunakan untuk mengeluarkan ketidak murnian (termasuk kelembaban) dari dalam minyak.

Gangguan transformator akibat bushing pecah adalah gangguan yang cukup jarang terjadi di Yogyakarta. Pada tahun 2016 terjadi 2 gangguan 13,30% akibat bushing pecah. Dari data dilihat bahwa gangguan akibat bushing pecah hanya terjadi pada bulan Januari dan Oktober pada tahun 2016. Sehingga dapat disimpulkan bahwa gangguan akibat bushing pecah hanya terjadi pada musim hujan. Hal ini sesuai dengan penyebab pecahnya bushing yang dapat diakibatkan oleh flashover yang muncul akibat sambaran petir, dan arus yang melewati permukaan bushing yang kotor pada saat permulaan musim hujan. Kriteria dari gangguan ini adalah terjadinya gangguan pada transformator yang disebabkan oleh pecahnya bushing pada transformator distribusi.



Gambar 7 Jumlah Gangguan Akibat Bushing Pecah di Yogyakarta Tahun 2016

Gangguan transformator akibat bushing pecah dapat disebabkan oleh: *Flashover* dapat terjadi apabila muncul tegangan lebih pada jaringan distribusi seperti pada saat terjadi sambaran petir atau surja hubung. Bila besar surja tegangan yang timbul menyamai atau melebihi ketahanan implus isolator $V_{50\%}$, maka kemungkinan akan terjadi flashover pada bushing. Pada sistem 20 kV, ketahanan implus isolator $V_{50\%}$ adalah 160 kV. Jadi flashover pada transformator dapat terjadi jika muncul tegangan pada kawat fasa yang melebihi 160 kV. *Flashover* mengakibatkan loncatan busur api antara konduktor dengan body transformator sehingga mengakibatkan terjadinya hubung singkat fasa ke tanah.

Kotoran pada permukaan bushing dapat mengakibatkan terbentuknya lapisan penghantar di permukaan bushing. Kotoran ini dapat mengakibatkan jalan arus melalui permukaan bushing sehingga mencapai body trafo. Umumnya kotoran ini tidak menjadi penghantar sampai endapan kotoran tersebut basah karena kabut, atau hujan ringan. Hujan lebat mungkin dapat membantu menghapus endapan kotoran. Dari penyebab bushing pecah pada transformator terjadi ketika tembusnya arus melalui permukaan bushing yang mencapai body transformator akan mengakibatkan terjadinya gangguan fasa ke tanah dan menyebabkan gangguan permanen yang menimbulkan pemadaman listrik.

Pencegahan agar gangguan pada bushing tidak terjadi maka pemasangan skun kabel dan pemasangan pada ujung bushing harus benar-benar diperhatikan. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah: Skun kabel harus terpasang sempurna dengan kabel, tidak boleh ada celah yang dapat mengakibatkan terjadinya *sparkover*. Ukuran skun kabel harus sesuai dengan ukuran ujung busung transformator yang akan dipasang. Bila lebih besar dari ujung bushing lama kelamaan dapat menimbulkan *spark over*. Ring

yang digunakan untuk pemasangan skun kabel dengan ujung busing transformator menggunakan ring pir, hal ini sering dilalaikan oleh petugas yang memasang bushing. Petugas hanya menggunakan ring biasa. Pastikan baut pengikat pada ujung busing terikat dengan kuat atau tidak kendur. Karena bila baut kendur selain mengakibatkan percikan api dapat mengakibatkan kontak los.

Dari hasil analisa data, diantara transformator 25, 50, 100 dan 160 kVA, transformator dengan kapasitas 50 kVA yang paling banyak mengalami gangguan, yaitu sebanyak 75% akibat gangguan beban lebih pada tahun 2016.

Dari hasil analisa data diketahui bahwa gangguan transformator distribusi paling banyak terjadi pada bulan Januari yaitu sebanyak 18,0% pada tahun 2016. Hal ini dikarenakan bulan Januari pada umumnya merupakan musim hujan dimana terdapat banyak terjadi gangguan pada transformator distribusi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dari skripsi ini dan beberapa perhitungan maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

Akibat gangguan beban lebih adalah gangguan yang paling banyak terjadi di Yogyakarta. Pada tahun 2016 terjadi 81 gangguan akibat beban lebih yang merupakan 98,26% dari total gangguan yang terjadi pada transformator distribusi. Dari perhitungan beban transformator 25 kVA yang mengalami beban lebih adalah 22,66 kVA atau 90,64%, beban transformator 50 kVA yang mengalami beban lebih adalah 49,28 kVA atau 98,56%, beban transformator 100 kVA yang mengalami beban lebih adalah 90,42 kVA atau 90,42%. Dari hasil perhitungan persentase itu maka dilakukan perbaikan dengan menghitung transformator 50 kVA, 100 kVA dan 160 kVA sebagai transformator sisip untuk membantu menyuplai beban pada transformator yang mengalami beban lebih (*overload*) (25 kVA, 50 kVA, 100 kVA)

Akibat gangguan hubung singkat hanya terjadi pada musim hujan yang berkisar pada bulan Januari dan Desember dengan persentase gangguan 26,61%.

Akibat gangguan disambar petir hanya terjadi pada musim hujan dengan persentase gangguan 33,26%.

Akibat gangguan kegagalan minyak transformator pada tahun 2016 hanya terjadi pada transformator dengan kapasitas diatas 100 kVA saja dengan persentase 13,30%

Akibat gangguan bushing pecah hanya terjadi pada musim hujan. Hal ini sesuai dengan penyebab pecahnya bushing yang mungkin diakibatkan oleh *flashover* yang mungkin muncul akibat sambaran petir, dan arus yang melewati permukaan bushing yang kotor pada saat permulaan musim hujan dengan persentase 13,30%

Diantara transformator 25, 50, 100 dan 160 kVA, transformator dengan kapasitas 50 kVA yang paling banyak mengalami gangguan, yaitu sebanyak 75% pada tahun 2016.

V. SARAN

Selain menambah kuatitas pengukuran transformator sebaiknya menaruh alat pengaman yang berupa *overload relay* pada setiap transformator yang dipasang pada setiap tiang transformator distribusi.

Mengadakan pemeliharaan yang teratur dan terkontrol terhadap komponen-komponen dari transformator distribusi secara berkala agar terjadi gangguan *overload* dan *sparkover* dapat mengantisipasi dengan cepat.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukmawidjaja, Maulana. 2008. *Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix Admittansi Dan Matrix Impedansi Bus*. Universitas Trisakti Vol 7 No 2, Jakarta.
- [2] Sumanto. 1991. *Teori Transformator*
- [3] Ayub, Said. 2008, *Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relai Arus Lebih Pada Transformator Daya*
- [4] Syafriyudin. 2011, *Perhitungan Lama waktu pakai transformtor Jaringan Distribusi 20 kV di APJ Yogyakarta*
- [5] Romodona Sapta Abadi, Madayun. 2014, *Analisa Penyelesaian Gangguan Trafo Distribusi dengan Menggunakan Metode Rcps (Root Cause Problem Solving) di PT. PLN (Persero) Area Ciputat posko Cinere*
- [6] Valdi Rizki Yandri, Nurhatisyah. 2012, *Fenomena Flashover Akibat Arus Bocor Pada Isolator Keramik Dan Resin Epoksi,*

- [7] Rizal, A. 2016, *Pencegahan Overload dan Percikan Bunga Api Pada Bushing Transformator* di PT.PLN (persero) Rayon Kalasan
- [8] Frank D. Petruzella, *Elektronik Industri*, Jakarta : Andi Offset, 2001
- [9] Gorur, Ravi. S. 1999, *Outdoor Insulators*
- [10] Kadir, Abdul. 1989. *Transformator*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo
- [11] Manajemen Aset Trafo Distribusi. 2015 Yogyakarta : PT. PLN (persero) APJ.
- [12] Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- [13] Nurkholiq, Nahar. 2012, *Pemeliharaan Bushing pada Transformator Tenaga 150/20kV*
- [14] Putu Arya, M. 2015, *Upaya Mengatasi Beban Lebih Pada Gardu Distribusi 160KVA pada penyulang Kelan Tuban*
- [15] Ronald Tjoanda. 2004, *Studi Analisa Gangguan Gardu Trafo Tiang (GTT) Distribusi 20 KV di PLN APJ Surabaya Selatan*
- [16] Safii, Iqbal. 2009, *Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20kV di APJ Yogyakarta*
- [17] Sutawinaya, P. 2014 *Studi Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Menopang Beban Lebih dan Drop Tegangan Pada Transformator Distribusi KA 1516 Penyulang Buduk Menggunakan Simulasi Program ETAP 7.0.*
- [18] Sumardjati, Prih. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*. Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.
- [19] Warman, Eddy. 2004, *Pemilihan dan Peningkatan Penggunaan/Pemakaian Serta Manajemen Trafo Distribusi*
- [20] Yoakim Simamora, P, S, M, L, T, 2015, *Analisa Ketidak Seimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rudi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah*