

EVALUASI KEANDALAN PERALATAN GIS SIMPANG HARU PADANG

Antonov Bachtiar, Tony Sudaryanto
Institut Teknologi Padang
e-mail: antonov_bach@yahoo.com

ABSTRACT

Substation is an installation comprising electrical equipment which is the center of the load taken from the plant and were previously channeled to the transmission line. GIS is defined as a series of some equipment installed in a metal enclosure and insulated by pressurized gas. supplying the city of Padang, West Sumatra. If GIS Simpang Haru experienced the failure of Padang city experienced a blackout. At this time, the condition of GIS has not been known condition coupled with his age who have more than 10 years. Therefore, we need an action to determine the condition and reliability of each equipment. Technically GIS most affected by factors of SF₆ gas as insulation media, the level of insulation condition of SF₆ gas is linked to the performance levels of GIS as a whole, but note also other parameters to determine the condition of GIS. To determine the performance levels GIS can be used methods of condition assessment. Condition assessment or evaluation of reliability is to do a complete review of the condition of the equipment and its plans and actions according priority. The determination is based on the GIS condition monitoring diagnosis and risk assessment. Monitoring diagnosis consists of two namely: in service inspection and in service measurement, in service inspection consists of three forms which includes daily inspections, weekly and monthly while in service measurement consists of four tests that include quality of SF₆ gas (purity, dew point and decomposition products), partial discharge activity, temperature, and corona. In the end the results of condition assessment performed a recommendation will be generated as a follow-up repairs.

Keywords: condition assessment, in service inspection, in service measurement

ABSTRAK

Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang merupakan pusat beban yang diambil dari pembangkit dan yang sebelumnya di salurkan dengan saluran transmisi. GIS didefinisikan sebagai rangkaian beberapa peralatan yang terpasang di dalam sebuah *metal enclosure* dan diisolasi oleh gas bertekanan. menyuplai kota Padang, Sumatera Barat. Apabila GIS Simpang Haru mengalami failure maka kota Padang mengalami pemadaman. Pada saat ini, kondisi GIS belum banyak diketahui kondisinya ditambah lagi dengan usianya yang telah lebih dari 10 tahun. Oleh karena itu diperlukan suatu tindakan untuk mengetahui kondisi dan keandalan masing masing peralatannya. Secara teknis GIS paling banyak dipengaruhi oleh faktor gas SF₆ sebagai media isolasi, level kondisi isolasi gas SF₆ ini terkait dengan tingkat unjuk kerja GIS secara keseluruhan, namun perlu diketahui juga parameter lain untuk mengetahui kondisi GIS. Untuk menentukan tingkat unjuk kerja GIS dapat digunakan metode *condition assessment*. *Condition assesment* atau evaluasi keandalan yaitu melakukan kajian lengkap mengenai kondisi suatu peralatan serta rencana dan langkah tindak lanjut sesuai prioritas. Penentuan kondisi GIS tersebut berdasarkan pada monitoring diagnosis dan *risk assesment*. Monitoring diagnosis terdiri dari 2 yakni: in service inspection dan in service measurement, in service inspection terdiri dari 3 form yakni meliputi inspeksi harian, mingguan dan bulanan sedangkan in service measurement terdiri dari 4 pengujian yakni meliputi kualitas gas SF₆ (*purity, dew point* dan *decomposition products*), aktivitas *partial discharge*, suhu, dan korona. Pada akhirnya hasil *condition assesment* yang dilakukan akan dihasilkan suatu rekomendasi sebagai tindak lanjut perbaikan.

Kata kunci: condition assessment, in service inspection, in service measurement.

1. PENDAHULUAN

Sistem ketenagalistrikan Indonesia yang dikelola oleh PT PLN (Persero) terdiri dari tiga bagian yaitu pembangkitan, penyaluran/transmisi, dan distribusi. Sistem pembangkitan merupakan sistem yang menghasilkan listrik dimana energi kinetik dan energi mekanik diubah menjadi listrik. Sistem penyaluran adalah sistem yang menyalurkan listrik dari pusat listrik

(pembangkit) sampai ke pusat konsumen (gardu induk). Sistem distribusi adalah sistem yang menyalurkan listrik dari gardu induk ke konsumen/masyarakat [1]. Unit PLN yang menjadi perantara penyedia listrik dan pelanggan adalah unit penyaluran/ transmisi.

GIS merupakan bentuk pengembangan gardu induk yang pada umumnya dibangun di daerah perkotaan atau padat pemukiman yang sulit mendapatkan lahan. Semua komponennya sama dengan Gardu Induk Konvensional pada umumnya akan tetapi memiliki perbedaan pada bentuk dan konstruksinya. Secara teknis GIS paling banyak dipengaruhi oleh faktor gas SF6 sebagai media isolasi namun perlu diketahui juga parameter lain untuk mengetahui kondisi GIS.

Dalam penelitian ini salah satu GIS dievaluasi adalah di GIS Simpang Haru yang menyuplai kota Padang, Sumatera Barat. Apabila GIS Simpang Haru mengalami failure maka kota Padang mengalami pemadaman. Pada saat ini, kondisi GIS belum banyak diketahui kondisinya ditambah lagi dengan usianya yang telah lebih dari 10 tahun. Oleh karena itu diperlukan suatu tindakan untuk mengetahui kondisi dan keandalan peralatan yang ada pada GIS tersebut.

2. PENGUJIAN KUALITAS GAS SF6

Sampai dengan saat ini, kualitas gas SF6 yang dapat terukur oleh alat pengukuran dan pengujian yang tersedia antara lain untuk purity, dew point (moisture content), dan decomposition product.

Purity atau kemurnian dinyatakan dengan persentase jumlah gas SF6 murni dalam suatu kompartemen GIS. Semakin tinggi persentase ini maka semakin sedikit zat lain dalam isolasi gas SF6. Untuk gas SF6 baru, nilai kemurnian yang disyaratkan untuk gas yang beroperasi adalah adalah >97,0% [3].

Dew point (titik embun) menunjukkan titik dimana gas SF₆ berubah menjadi cair. Hal ini terkait dengan tingkat kelembaban gas SF₆, yaitu berapa banyak partikel air yang terkandung dalam isolasi gas SF₆. Semakin tinggi nilai *dew point* maka dapat menurunkan nilai isolasi gas SF₆ karena kontaminasi kelembaban air. Batas nilai dew point untuk gas SF6 didalam peralatan adalah kurang dari -5°C [3,4].

Decomposition product atau produk hasil dekomposisi terjadi karena ketidaksempurnaan pembentukan kembali gas SF6. Hal ini dapat terjadi karena adanya pemanasan berlebih, percikan listrik, dan busur daya [5]

Jika decomposition product ini terjadi dalam jumlah yang besar, maka kekuatan dielektrik dari isolasi gas SF6 akan mengalami penurunan. Beberapa decomposition product yang terjadi pada gas SF6 beserta sumber penyebabnya diperlihatkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1: *Decomposition Product* untuk Gas SF6 [2]

Gas	Senyawa	Sumber
Udara	N ₂ , O ₂	Bocor/intrusi dari luar
Moisture	H ₂ O	Bocor/intrusi dari luar
Hydrofluoric Acid	HF	Terbentuk di SF6 jika ada arc
Sulfur Dioxide	SO ₂	Terbentuk jika SOF ₂ bereaksi dengan air
Sulfur Difluoride	SF ₂	Mudah bereaksi
Sulfur Tetrafluoride	SF ₄	Mudah bereaksi
Thionil Fluoride	SOF ₂	Jika ada arc dan air

Batas maksimum konsentrasi total decomposition product adalah 2000 ppm [2].

Pengujian *moisture content* dilakukan untuk mengetahui kandungan atau kadar uap air yang terdapat di compartment. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah titik jenuh daritekanan uap air dan tekanan gas yang terukur dari alat uji. Uap air di dalam kompartemenbisa mengalami kondensasi sehingga mengurangi kekuatan isolasi gas SF6. Standar*moisture content* mengacu pada standar pabrikan. Jika standar pabrikan tidak ditemukan, dapat menggunakan standar internasional. Berdasarkan standar internasional Cigre 234 adalah pH₂O < 400 Pa (T = 20°C). Nilai tekanan parsial uap air tersebut senilai dengan nilai *moisturecontent* sebesar 400 Pa dikali dengan nilai tekanan absolute SF6 saat pengujian pada suhu 20°C.

Partial discharge atau peluahan sebagian adalah peluahan elektrik pada medium isolasi yang terdapat diantara dua elektroda berbeda tegangan, dimana peluahan tersebut tidak sampai menghubungkan kedua elektroda secara sempurna. Peristiwa seperti ini dapat terjadi pada bahan isolasi padat. Sedangkan pada bahan isolasi gas, *partial discharge* terjadi disekitar elektroda yang runcing. *Partial discharge* di sekitar suatu elektroda dalam gas biasanya disebut korona. Adanya aktifitas *partial discharge* di dalam kompartemen menandakan adanya *defect* dalam kompartemen. *Partial discharge* merupakan salah satu penyebab kerusakan pada bahan isolasi gas SF6. Oleh karena itu, pengukuran aktifitas *partial discharge* adalah

hal yang sangat penting dalam peralatan tegangan tinggi. Diharapkan dengan memonitor aktifitas *partial discharge* dengan kontinyu dapat diketahui kerusakan isolasi secara dini sehingga tidak sampai merusak sistem atau peralatan secara keseluruhan. Jika dilihat dari standart IEC 60270 referensi hasil pengujian *partial discharge* pada $R=200\Omega$ nilai *partial discharge* yang didapat adalah 400mV.

Suhu memiliki kaitan erat dengan *dew point*. Untuk lingkungan dengan suhu yang tinggi maka kandungan uap air yang ada pun menjadi tinggi sehingga dapat mengakibatkan terjadinya intrusi uap air yang lebih tinggi ke dalam gas SF₆. Korona adalah *partial discharge* yang bersinar dari konduktor dan insulator, karena ionisasi dari udara, ketika medan listrik melewati batas kritis (24-30 kV/cm). *Corona discharge* memancar pada gelombang antara 280-405 nm yaitu daerah sinar ultraviolet (UV) karena itu tidak terlihat oleh mata kita. Meskipun sangat lemah, pada gelombang sekitar 400 nm, korona dapat terlihat pada kondisi gelap malam. Korona tidak bisa dilihat siang hari karena tertutup oleh pancaran radiasi matahari. Panas yang ditimbulkan oleh korona sangat kecil, sehingga tidak dapat ditangkap oleh *infrared thermal cameras*.

Proses pengerjaan *Condition Assesment* akan terbagi menjadi dua bagian yaitu *risk assessment* dan *monitoring diagnosis*. Pada *risk assessment* akan menganalisis kemungkinan resiko kegagalan pada GIS dengan metode FMEA. Sedangkan untuk *monitoring diagnosis* akan dilakukan pengukuran dan pengujian terhadap parameter-parameter pada GIS [3].

Kegagalan pada GIS dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Untuk menentukan faktor-faktor tersebut diperlukan sebuah *risk assessment*. Metode yang umum digunakan dalam *risk assessment* adalah FMEA. Dalam FMEA dilakukan analisis dengan cara mencari hubungan antara kegagalan dan faktor - faktor penyebabnya. Faktor penyebab ini lalu diurai menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga dapat ditemukan parameter apa yang terkait dalam memicu terjadinya kegagalan. Selain mencari parameter yang berpengaruh dalam kegagalan, dalam FMEA kita juga dapat menentukan besarnya resiko akibat penyebab kegagalan berdasarkan frekuensi terjadinya gangguan, pengaruh gangguan pada sistem

serta level keselamatan saat gangguan terjadi [2,3,4]

3. PENENTUAN RISK FACTOR

Langkah pertama untuk menentukan risk factor dari subsistem suatu peralatan adalah menentukan FMEA/FMECA. FMEA (Failure Mode Effect Analysis) merupakan suatu metode untuk menganalisa penyebab kegagalan pada suatu peralatan. Sedangkan FMECA (Failure Mode Effect and Critical Analysis) adalah penentuan tingkat kritis suatu penyebab kegagalan. Karena FMEA dan FMECA terkait dengan pengoperasian dan fakta di lapangan, maka perlu direvisi secara rutin dalam periode tertentu. Dengan membuat FMEA dan FMECA, kita dapat mengetahui besaran apa yang paling sensitif untuk menangkap symptom (gejala) failure suatu item Dalam membuat FMEA dan FMECA peralatan, hal yang perlu dilakukan adalah:

- Mendefinisikan sistem (peralatan) dan fungsinya, yaitu kumpulan komponen yang secara bersama-sama bekerja membentuk satu fungsi atau lebih.
- Menentukan subsistem peralatan, yaitu peralatan dan/atau komponen yang bersama-sama membentuk satu fungsi. Dari fungsinya subsistem berupa unit yang berdiri sendiri dalam suatu sistem.
- Menentukan functional failure yaitu Ketidakmampuan suatu asset untuk dapat bekerja sesuai fungsinya berdasarkan standar unjuk kerja yang dapat diterima pemakai.
- Mencari failure mode, yaitu setiap kejadian yang mengakibatkan functional failure [5].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data in service inspection diambil pada bulan oktober bertujuan untuk mengetahui kondisi fisik suatu peralatan atau kondisi lokasi Formulir in service inspection dapat dilihat pada lampiran. Hasil inspeksi tersebut kemudian di kumpulkan dan dievaluasi per item inspeksi supaya terdeteksi secara dini kondisi peralatan. Formulir tersebut meliputi, inspeksi Trafo, CT, CVT, PMT, PMS dan LA. Periode inspeksi dilakukan per hari, per minggu dan per bulan. Pengambilan inspeksi GIS Simpang Haru dilakukan sebagai berikut inspeksi harian dilakukan per hari namun per

tanggal 5,12,19,26 Oktober tidak dilakukan pengambilan data inspeksi harian karena dilakukan inspeksi mingguan, namun untuk inspeksi bulanan dilakukan per tanggal 31 dan inspeksi harian tetap dilakukan. Rekap kondisi harian, mingguan, bulanan dapat dilihat tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dilihat kondisi anomali peralatan GIS, namun kondisi saat ini belum ada anomali yang terjadi pada peralatan GIS,

Tabel 2: Anomali peralatan GIS

SS		Prob	Sys	Cost	Sfty	Envir	Risk	WS	WF
Primary	Poin 1	3	3	3	5	1	36	400	0,31
	Poin 2	3	1	1	1	3	18		
	Poin 3	5	3	5	5	1	70		
	Poin 4	3	3	3	5	1	36		
	Poin 5	5	5	5	5	1	60		
	Poin 6	5	5	5	5	1	80		
	Poin 7	5	5	5	5	1	80		
Dielektrik	Poin 1	5	5	5	5	3	90	660	0,52
	Poin 2	5	5	5	5	3	90		
	Poin 3	5	5	5	5	3	90		
	Poin 4	3	5	5	5	3	54		
	Poin 5	1	5	5	5	1	16		
	Poin 6	5	5	5	5	1	80		
	Poin 7	5	5	5	5	1	80		
	Poin 8	5	5	5	5	1	80		
	Poin 9	5	5	5	5	1	80		
S.pengerak	Poin 1	5	5	5	5	1	80	164	0,13
	Poin 2	3	5	5	5	1	48		
	Poin 3	3	3	3	5	1	36		
Secondary	Poin 1	5	1	3	5	1	50	50	0,04

Dari tabel 2 dapat diperoleh nilai weighting factor (WF) per sub sistem sebagai berikut :

1. Subsistem Primary 400 atau 31% dari total risk factor;
2. Subsistem Dielektrik 660 atau 52% dari total risk factor;
3. Subsistem Sistem pengerak 164 atau 13% dari total risk factor;
4. Subsistem Sekondari 50 atau 4% dari total risk subsistem dielektrik merupakan subsistem yang paling berpengaruh yakni sebesar 0,52 yang paling dominan adalah pengujian kualitas gas SF6. Untuk subsistem primary merupakan subsistem berpengaruh ke dua yakni sebesar 0,31 yang paling dominan adalah pengujian korona, suhu dan partial discharge yang

masing masing risk nya berjumlah 60 dari total risk 400.

Subsistem primary weighting factor untuk masing- masing item pengujian adalah sebagai berikut:

1. in service inspection memiliki skor risk 160 atau 0,4 dari total skor subsistem primary;
2. Pengujian korona memiliki skor risk 80 atau 0,2 dari total skor subsistem primary;
3. Pengujian suhu memiliki skor risk 80 atau 0,2 dari total skor subsistem primary;
4. Pengujian Partial Discharge memiliki skor risk 80 atau 0,2 dari total skor subsistem primary.

Subsistem Dielektrik weighting factor untuk masing-masing item pengujian adalah sebagai berikut:

1. in service inspection memiliki skor risk 340 atau 0,51 dari total skor subsistem dielektrik;
2. Pengujian kualitas gas memiliki skor risk 320 atau 0,49 dari total skor subsistem dielektrik Subsistem Dielektrik weighting factornya diwakili oleh pemeriksaan in service inspection yakni 0,13 dan subsistem secondary juga sama sudah diwakili oleh in service inspection

Dengan demikian dari rata rata kerja PMT tersebut di tahun 2024 kali kerja PMT tersebut bisa sampe 1020 kali. Sedangkan data pabrikan PMT merk Siemens unjuk kerja maksimal PMT berkerja adalah 1000 kali kerja. Jadi dapat diambil kesimpulan di tahun 2024 kompartemen GIS harus dilakukan perbaikan atau penggantian peralatan GIS. Hal ini juga dipengaruhi oleh pola operasi peralatan GIS, semakin banyak pengoperasian yang menyesuaikan sistem semakin cepat dan banyak kali kerja PMT tersebut.

Selain dari hasil condition assessment untuk dapat mengevaluasi kehandalan GIS penulis juga melakukan evaluasi terhadap peralatan PMT GIS karena hasil inspeksinya yang sudah terdapat potensi anomali. Evaluasi yang dilakukan adalah pada peralatan PMT dimana yang diambil adalah pada bay Pauh Limo 2 dimana kondisi kali kerja PMT pada bay tersebut yang paling tinggi yakni sebesar 603 untuk phasa R. Berikut ini rekap kerja PMT hasil evaluasi kehandalan peralatan PMT GIS Simpang haru

dari tahun 1997 – 2016 sebagai mana ditunjukkan pada gambar 1.

Dari data inspeksi harian PMT bay Pauh Limo phasa R diketahui bahwa unjuk kerja PMT di tahun dari tahun 1997 sampai 2016

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan maka kesimpulan yang dapat diambil penelitian ini antara lain berdasarkan hasil monitoring diagnosis dan risk assessment menyatakan GIS Simpang Haru dalam kondisi baik. Namun, dikarenakan usia peralatan yang terpasang telah beroperasi sejak tahun 1997 (± 19 tahun) direkomendasikan untuk dilaksanakan rekondisi peralatan terutama pada PMT berdasarkan unjuk kerja pompa hidrolik yang sangat tinggi 587 kali.

Kemudian GIS Simpang Haru masih memiliki peralatan yang dapat dikategorikan handal. Saat ini, kondisi kebanyakan GIS telah mengalami banyak gangguan dan kerusakan serta ditambah lagi dengan rata-rata usianya yang telah lebih dari 10 tahun. agar diketahui secara dini penurunan purity gas tersebut.

rata rata kali kerja PMT sebesar 30 – 32 kali setiap tahun. Maka dapat dibuat statistik kali kerja PMT tersebut setiap tahunnya seperti grafik pada gambar 2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero), 2010, SK DIR 113/114.K.DIR.2010 Buku Pedoman Operasi dan Pemeliharaan GIS, Jakarta, Indonesia.
- [2] Cigre B3. 02 Task Force 01, 2003, SF6 Recycling Guide (Revision 2003) Guide Re-use of SF6 Gas in Electrical Power Equipment and Final Disposal, Cigre, Paris.
- [3] PT. PLN (Persero) P3B Sumatera UPT Padang, 2010, Prosedur Condition Assessment GIS 150 kV Simpang Haru, Padang.
- [4] PT PLN (Persero), 2014, Buku Diklat Assesment Udiklat PLN, Jakarta, Indonesia.
- [5] PT. PLN (Persero), 2014, Kepdir 0520–2.K.DIR.2014 Buku Pedoman Pemeliharaan Primer GI, Jakarta, Indonesia.



Gambar 1. Statistik kali kerja PMT sampai dengan tahun 2016



Gambar 2. Statistik kali kerja PMT sampai dengan tahun 2024