

Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Di Gardu Induk 150 KV Bandung Selatan Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Bagus Winantara
Fakultas Teknik / Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
Jakarta Barat, Indonesia
baguswinantara@gmail.com

Budiyanto Husodo
Fakultas Teknik / Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
Jakarta Barat, Indonesia
budiyanto.husodo@mercubuana.ac.id

Abstrak—Keandalan suatu gardu induk didukung dengan kondisi dari peralatan-peralatan yang terdapat di gardu induk tersebut. Gardu Induk Bandung Selatan merupakan salah satu gardu induk yang menjadi objek vital nasional sebagai jalur backbone di daerah Bandung raya. Gardu induk ini sering dihadapkan dengan anomali terhadap suatu peralatan, salah satunya pada peralatan pemutus tenaga tegangan tinggi yang dihadapkan dengan anomali berupa kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan pada kontakannya. Tentu saja perubahan nilai tahanan kontak yang signifikan ini perlu dievaluasi secara benar sehingga menghasilkan keputusan yang tepat dalam penanganan nilai asset. Untuk mendukung keandalan peralatan tersebut diperlukan sistem manajemen evaluasi terhadap kelayakan suatu peralatan dalam melakukan fungsinya dengan mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan fungsi akibat kerusakan pada suatu peralatan dengan menggunakan metode FMEA. Metode ini bertujuan mengetahui penyebab dan kondisi suatu peralatan yang mengalami gangguan dalam hal ini perubahan nilai tahanan kontak yang signifikan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi pada peralatan tersebut. Metode ini untuk mendukung dalam pengambilan keputusan terhadap kondisi pmt akibat perubahan nilai tahanan kontak yang tinggi sehingga didapatkan prioritas penggantian peralatan. Dari hasil evaluasi 13 unit PMT yang terdapat di Gardu Induk Bandung Selatan didapatkan hasil bahwa, terdapat satu unit PMT bay cigereleng 1 yang memiliki nilai tahanan kontak yang sudah buruk

sebesar 88,74,80 $\mu\Omega$ dikarenakan faktor operasi yang cukup tinggi (700 kali kerja) dan umur PMT yang sudah tua >20 tahun. Dan terdapat satu unit PMT bay IBT 1 sisi 150 kV yang memiliki nilai tahanan kontak yang masih cukup baik sebesar 66,63,62 $\mu\Omega$ dikarenakan perubahan nilai tahanan kontakannya disebabkan oleh faktor perubahan struktur penyangga mekanik PMT tersebut. Sedangkan 10 unit PMT lainnya memiliki nilai tahanan kontak yang masih dalam keadaan baik. Rekomendasi hasil dari evaluasi ini ialah perlu dilakukan penggantian PMT untuk bay cigereleng 1 dan dilakukannya perbaikan struktur penyangga mekanik pada PMT bay IBT 1 sisi 150 kV.

Kata kunci: FGMA, Gardu Induk, Kondisi Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi, PMT, Tahanan Kontak.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang memiliki kehidupan serba modern seperti saat ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Listrik merupakan salah satu komoditi strategis dalam perekonomian Indonesia, karena selain digunakan secara luas oleh masyarakat untuk keperluan penerangan, listrik juga merupakan salah satu sumber energi utama bagi sektor industri.

Di negara berkembang seperti Indonesia dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat, maka berdampak pula dengan peningkatan penggunaan tenaga listrik dari tahun ke tahun, oleh sebab itu PLN sebagai perusahaan listrik Negara dituntut harus mampu memberikan penyaluran tenaga listrik yang ada dengan seoptimal mungkin serta sebaik-baiknya, agar tercipta suatu keandalan sistem penyaluran tenaga listrik tanpa adanya gangguan yang dirasakan.

Keandalan suatu sistem penyaluran tenaga listrik pada hakekatnya memiliki peranan penting bagi peralatan dan manusia itu sendiri [1]. Di dalam penyaluran tenaga listrik, sistem transmisi mempunyai peranan sebagai penyalur energi listrik dari pusat pembangkit ke suatu tempat yang mempunyai peralatan-peralatan yang digunakan untuk melindungi sistem tenaga listrik tersebut terhadap gangguan yang disebut gardu induk.

Gardu Induk sebagai salah satu komponen pada sistem penyaluran tenaga listrik memegang peranan yang sangat penting karena merupakan penghubung pelayanan tenaga listrik ke konsumen [2]. Keandalan suatu gardu induk didukung dengan kondisi dari peralatan-peralatan yang terdapat di gardu induk tersebut. Untuk mendukung keandalan peralatan tersebut diperlukan sistem manajemen evaluasi terhadap kelayakan suatu peralatan dalam melakukan fungsinya dengan mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan fungsi dan kelayakan suatu peralatan akibat kerusakan di suatu gardu induk dengan menggunakan metode FMEA. Metode ini merupakan metode untuk menilai penyebab dari setiap kemungkinan terjadinya kegagalan fungsi pada suatu peralatan yang terdapat di gardu induk dengan cara menjabarkan keseluruhan penyebab kegagalan, kemudian secara sistematis menguraikan akar masalah lalu disesuaikan dengan hasil evaluasi yang dilakukan sehingga dapat memberikan penaksiran sebelum kerusakan pada suatu peralatan meluas.

Gardu induk bandung selatan merupakan salah satu gardu induk yang menjadi objek vital nasional sebagai jalur backbone di daerah bandung raya. Gardu induk ini sering dihadapkan dengan anomali terhadap suatu peralatan, salah satunya pada peralatan pemutus tenaga tegangan tinggi atau PMT. Pemutus tenaga memiliki peran penting untuk menghubungkan dan memutus arus beban atau arus gangguan di saluran transmisi [3]. PMT ini sering dihadapkan dengan anomali berupa kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan pada kontakannya. Tentu saja perubahan nilai tahanan kontak yang signifikan ini perlu dievaluasi sebelum proses kerusakan tersebut meluas karena merupakan suatu ancaman yang dapat mengganggu kondisi dari pmt tersebut.

Dalam hal mengevaluasi kondisi pmt dari nilai tahanan kontak yang ada di gardu induk bandung selatan, diperlukan parameter pengukuran dan metoda fmea agar dapat melihat penyebab dari kenaikan suatu nilai tahanan kontak pada pmt sehingga dapat memberikan hasil keputusan kondisi suatu pemutus tenaga tersebut agar tidak terjadi kekeliruan pengambilan keputusan dalam mengevaluasi hasil nilai tahanan kontak pada suatu peralatan. Oleh karena itu, perlu diadakannya suatu evaluasi atau pemantauan terhadap nilai tahanan kontak pada pemutus tenaga tegangan tinggi di gardu induk bandung selatan berdasarkan metode fmea sehingga dapat memberikan keputusan kondisi suatu pmt tersebut agar dapat mencegah

terjadinya kerusakan yang mengakibatkan kerugian yang meluas di gardu induk tersebut. Maka sehubungan dengan hal itu, penulis dalam hal ini mengambil judul evaluasi tahanan kontak pada pemutus tenaga tegangan tinggi di gardu induk bandung selatan 150 kV berdasarkan failure mode effect analysis.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian yang dilakukan oleh Rama Fitriyan dan Bambang Syairudin [4] dari Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya dengan judul “Analisis Risiko Kerusakan Peralatan dengan Menggunakan Metode FMEA untuk Meningkatkan Kinerja Pemeliharaan Prediktif pada Pembangkit Listrik”. Penelitian ini menyatakan Dalam analisis risiko, metode FMEA merupakan metode untuk menilai dampak dari setiap kemungkinan terjadinya kegagalan atau kerusakan pada komponen peralatan dengan cara menjabarkan keseluruhan kegagalan, kemudian secara sistematis diurutkan dalam tingkat level kegagalan. Salah satu faktor yang penting dalam suksesnya penerapan FMEA adalah melakukan penaksiran sebelum proses berlangsung (before the event) dan bukan melakukan sesudah terjadi (after the fact).

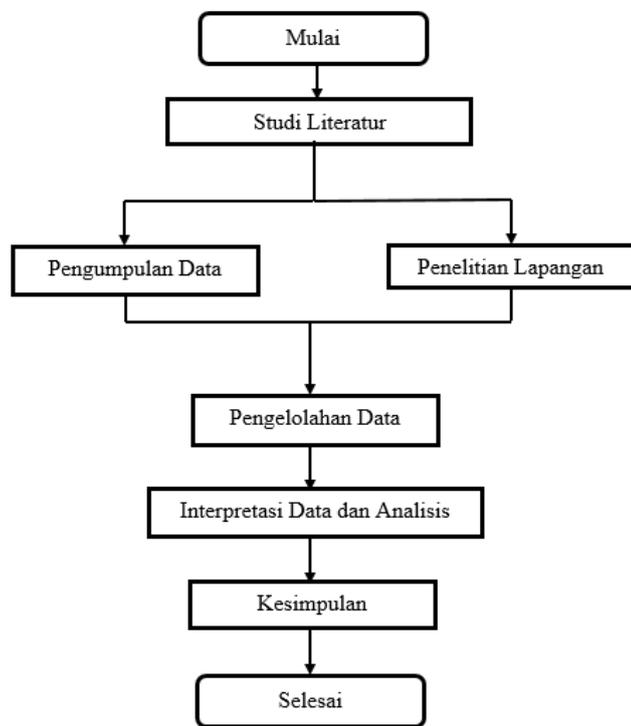
Penelitian yang dilakukan oleh Heru Agus Surasa [5] dari Program Studi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta dengan judul “Analisis Penyebab Losses Energi Listrik Akibat Gangguan Jaringan Distribusi Menggunakan Metode FMEA diunit Jaringan Sumberlawang”. Penelitian ini menyatakan Prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh pihak PLN berdasarkan pertimbangan efek kerusakan, frekuensi kerusakan, dan metode pengendalian kerusakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Y. Wibisana R dan Setyo Wibowo [6] dari studi CBM Pemutus Tenaga Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV di PLN P3B Jawa Bali, dengan judul “The Condition-Based Maintenance Concept for 500 kV Circuit Breakers in PLN P3B Jawa-bali”. Penelitian ini menyatakan Konsep pengembangan pemeliharaan berbasis kondisi untuk sirkuit 500 kV saat ini didekati dengan menggunakan teknik FMEA / FMECA. Secara umum, harus mengimplementasikan inspeksi visual dan pengukuran dalam-layanan serta pengukuran offline.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini adalah pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan daftar pustaka, membaca dan mencatat bahan penelitian. Studi literatur yang dilakukan oleh penulis yaitu dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku-buku, arsip, dan jurnal, atau dokumen-dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji sebagai referensi. Dalam hal ini, sumber yang digunakan sebagai referensi ialah buku standarisasi dari PLN, Jurnal mengenai evaluasi suatu sistem tenaga listrik dan arsip pemeliharaan serta rekapan data yang bersumber dari PLN.

Pengumpulan Data dan Penelitian Lapangan

Dalam pengumpulan data, penulis mengumpulkan data penelitian yang ada di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Bandung. Data diperoleh dengan cara mengikuti prosedur yang ada serta melakukan pengujian langsung di gardu induk yang akan diteliti. Dalam hal pengujian langsung, dilakukan juga penelitian lapangan. Penelitian lapangan dimaksudkan agar penulis dapat mencatat pengaruh non-teknis yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Data yang dibutuhkan dalam hal ini yaitu :

- Data Primer, berupa data yang diukur dan di catat langsung pada waktu penelitian di lapangan. Seperti nilai tahanan kontak, nilai arus beban (watt) yang mengalir di

pmt pada setiap bay serta data non teknis selama dilapangan.

- Data Sekunder, berupa data penunjang dari PMT seperti rekapan nilai tahanan kontak tahun-tahun sebelumnya, rekapan kali kerja yang terjadi, data standarisasi pabrikan serta data product pmt

Pengolahan Data

Setelah semua data sekunder terkumpul, dilakukanlah pengukuran tahanan kontak yang kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran tahun sebelumnya kemudian diolah. Pengolahan data ini dilakukan berdasarkan metoda inspeksi level 3, yang dimana jika hasil tahanan kontak yang didapatkan melebihi standar yang telah ditetapkan dalam SK-Dir 520 PLN maka akan dilakukan inspeksi lanjutan yaitu berupa inspeksi level 2, inspeksi level 1 dan inspeksi operating mechanism system pada pemutus tenaga yang mengalami anomali kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan untuk mengetahui efek dan penyebab anomali tersebut muncul yang kemudian akan di cocokkan dengan fmea pemutus tenaga tegangan tinggi. Selanjutnya dilakukan interpretasi data untuk mengevaluasi kondisi pmt dari hasil inspeksi yang telah dilakukan.

Interpretasi Data dan Analisis

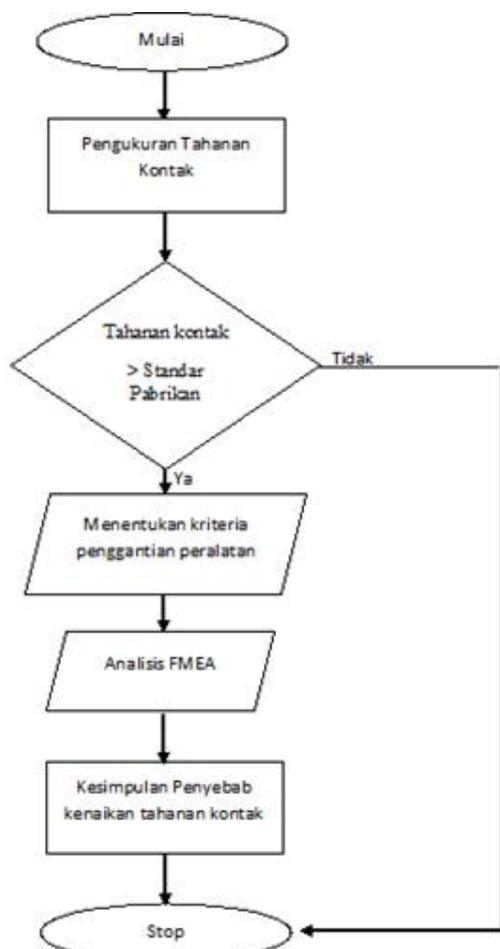
Interpretasi data merupakan suatu kegiatan yang menggabungkan evaluasi hasil dengan pernyataan, kriteria, atau standar tertentu untuk menemukan makna dari data yang dikumpulkan sehingga dapat menghasilkan suatu jawaban. Dalam menginterpretasi data pmt dilakukan suatu assesmen condition circuit breaker berdasarkan perumusan FMECA. dari hasil interpretasi data tersebut didapatkan suatu hasil kondisi akhir. kemudian hasil akhir tersebut akan dirangkum dalam suatu kesimpulan dan ditindak lanjut.

Kesimpulan

Hasil akhir dari evaluasi yang didapatkan selama penelitian dirangkum dan ditarik menjadi suatu kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian yang dilakukan sehingga memberikan jawaban dari perumusan masalah yang diangkat dan menyelesaikan penelitian ini

B. Metode Evaluasi Peralatan di Gardu Induk

Pada penelitian ini, metoda evaluasi yang dilakukan ditampilkan pada alur evaluasi berikut:



Gambar 2. Alur Evaluasi

Standar evaluasi adalah acuan yang digunakan dalam mengevaluasi hasil pemeliharaan untuk dapat menentukan kondisi peralatan PMT yang dipelihara [Direksi, 2013]. Standar yang ada berpedoman kepada: instruction manual dari pabrik, standar-standar internasional maupun nasional (IEC, IEEE, CIGRE, ANSI, SPLN, SNI dll) dan pengalaman serta observasi/pengamatan operasi di lapangan.

Dikarenakan dapat berbeda antar merk/pabrik, maka acuan yang diutamakan adalah Standar dari ketetapan PLN dan penambahan manual dari pabrik PMT tersebut. Dapat digunakan acuan yang berasal dari standar internasional maupun nasional, apabila tidak ditemukan suatu nilai batasan pada manual dari pabrik PMT tersebut.

Kriteria Penggantian Peralatan Gardu Induk

Kriteria penggantian peralatan utama gardu induk dilakukan berdasarkan pada 3 (tiga) hal yaitu : Kondisi teknis, umur operasi, dan tingkat resiko [Direksi, 2013]. Berdasarkan

kriteria-kriteria tersebut, maka disusunlah prioritas P0 dan prioritas P1 sebagaimana tercantum dalam tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Prioritas penggantian peralatan utama gardu induk

Prioritas	Kondisi teknis	Umur Operasi	Tingkat Resiko	Tindak Lanjut
P0	Sangat Buruk	Semua kriteria	Semua kriteria	Diganti segera
P0'	Buruk	Sangat Tua	Sangat tinggi	Diganti segera
P1	Buruk	Semua kriteria	Semua kriteria	Frekuensi asesmen dipercepat Diganti maksimum 1 tahun

- Prioritas 0 (P0) adalah prioritas utama dilakukan penggantian peralatan utama dalam hal ini PMT dalam jangka waktu segera.
- Prioritas 1 (P1) adalah dalam prioritas pertama dilakukan penggantian peralatan dalam jangka waktu maksimum 1 tahun.

Kriteria Umur Operasi Penggantian Peralatan Utama Gardu Induk sebagaimana dimaksud Pada tabel diatas, dihitung sejak peralatan utama gardu induk beroperasi dan ditetapkan menjadi dua yaitu sangat tua dan tua sebagaimana tercantum dalam tabel dibawah ini. [Direksi].

Tabel 2. Kriteria berdasarkan umur operasi peralatan

No	Peralatan	Sangat Tua	Tua
1	Trafo	>30 tahun	20 – 30 tahun
2	CT, PT dan CVT	>25 tahun	15 – 25 tahun
3	PMT dan PMS	>20 tahun	15 – 20 tahun
4	LA	>15 tahun	10 – 15 tahun
5	Rectifier	>15 tahun	10 – 15 tahun
6	Batere	>15 tahun	10 – 15 tahun

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA atau failure mode effect analysis merupakan suatu metode untuk menganalisa penyebab kegagalan pada suatu peralatan (Direksi, 2013). FMEA digunakan untuk mencari penyebab anomali atau kerusakan suatu peralatan yang dimana

hal ini adalah PMT dengan didukung oleh data inspeksi hasil pengukuran yang kemudian akan dievaluasi. FMEA pada pemutus tenaga tegangan tinggi telah dirancang dalam ketentuan standarisasi yang dijabarkan dengan cara sebagai berikut :

- Definisi sistem (peralatan) dan fungsinya. Dalam hal ini adalah definisi dari pemutus tenaga dan fungsinya.
- Sub sistem pada PMT yang akan diperiksa. Didefinisikan sebagai peralatan dan/atau komponen yang bersama-sama membentuk satu fungsi.
- functional failure pada subsistem. Didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu asset untuk dapat bekerja sesuai fungsinya sesuai standar unjuk kerja yang dapat diterima pemakai.
- failure mode tiap subsistem Didefinisikan sebagai setiap kejadian yang mengakibatkan munculnya functional failure.

IV. HASIL DAN ANALISA

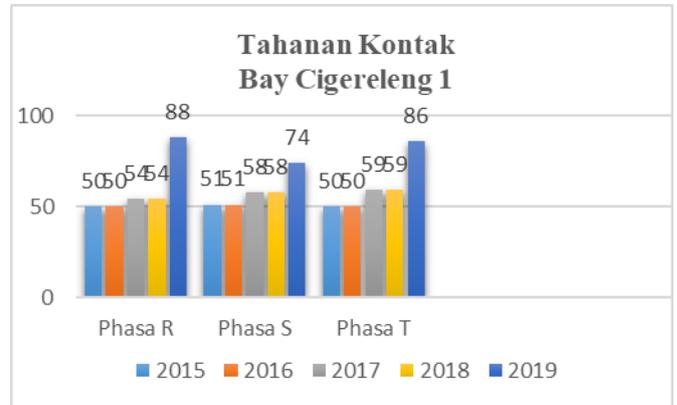
A. Pengujian Sensor

Dari hasil pengumpulan data nilai tahanan kontak yang dilakukan pada tahun 2015 sampai 2019 yang dilakukan saat pengumpulan data dan pengukuran di Gardu Induk 150 kV bandung selatan didapatkan hasil seperti data tabel 3 dibawah ini :

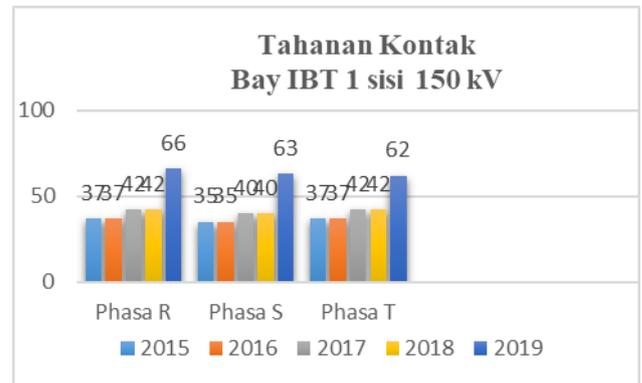
Tabel 4. Rekap nilai tahanan kontak

No	Lokasi	Tahanan kontak ($\mu\Omega$) pada tahun																	
		2015			2016			2017			2018			2019					
		R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T			
1	Wayang windu 1	36	36	37	36	36	37	37	37	38	38	37	38	38	39	38	39	38	39
2	Wayang windu 2	36	36	37	36	36	37	37	37	38	37	37	38	37	37	38	39	39	38
3	Kiaradondong 1	36	36	37	36	36	37	38	39	40	38	39	40	41	41	41	41	41	41
4	Kiaradondong 2	37	38	38	37	38	38	39	40	40	39	40	40	40	41	41	41	41	41
5	Cigereleng 1	50	51	50	50	51	50	54	58	59	54	58	59	88	74	86			
6	Cigereleng 2	40	38	39	40	38	39	43	40	40	43	40	40	44	42	42			
7	Panasia 1	-	-	-	-	-	-	26	27	25	26	27	25	28	28	26			
8	Panasia 2	-	-	-	-	-	-	25	26	28	25	26	28	25	27	28			
9	Trafo 1	34	36	35	34	36	35	37	38	40	37	38	40	40	41	40			
10	Trafo 2	-	-	-	-	-	-	25	27	26	25	27	26	28	29	29			
11	Trafo 3	37	35	36	37	35	36	39	37	38	39	37	38	40	39	39			
12	Trafo 4	33	34	37	33	34	37	36	37	36	36	37	36	39	38	39			
13	IBT 1 150 kV	37	35	37	37	35	37	42	40	42	42	40	42	66	63	62			

Ditemukan kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan pada bay IBT 1 sisi 150 kV dan Bay cigereleng satu yang jika ditarik grafik maka akan terlihat kenaikan yang sangat signifikan.



Gambar 3. Grafik Kenaikan Nilai Tahanan Kontak Bay Cigereleng 1



Gambar 4. Grafik Kenaikan Nilai Tahanan Kontak bay IBT 1 sisi 150 kV

Berdasarkan hasil tersebut dilakukanlah beberapa pengujian untuk mengetahui penyebab dasar dari kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan tersebut seperti pengujian kualitas kemurnian gas sf6 sebagai isolasi pmt dan frekuensi kerja PMT.

B. Pengukuran Purity Gas SF6

Adapun hasil dari pengukuran purity gas sf6 dari bay cigereleng 1 dan bay IBT 1 sisi 150 kV ialah sebagai berikut:

Tabel 5. Purity Bay Cileleng 1

Purity (%)	Dew Point	Moisture	SO2	Pressure		Ket
	$^{\circ}\text{C atm}$	PPMV		Bar (abs)	Bar (rel)	
96,1	-5	2100	449	-	7,5	Phasa R
96,3	-5	2090	445	-	7,5	Phasa S
96,0	-5	2100	449	-	7,5	Phasa T

Berdasarkan hasil dari tabel diatas, terlihat bahwa nilai dari purity gas sf6 di pmt bay cigereleang kurang dari standar purity gas sf6 yang seharusnya diatas 97%, dan juga nilai kadar S02 yang terkandung didalam gas sf6 sangat tinggi mencapai 449 dari batas yang diijinkan ialah <12 ,sedangkan nilai moisture atau kelembapan melebihi batas yang diizinkan yaitu <2000 ppmv. Untuk PMT di cigereleang berjenis Singel pole,dimana pengukuran gas sf6 dilakukan tiap phasa.

Tabel 6. Purity Bay IBT 1 Sisi 150 kV

Purity (%)	Dew Point	Moisture	SO2	Pressure		Ket
	°C atm	PPMV		Bar (abs)	Bar (rel)	
99,1	-40,4	122	2	-	7,5	R,S,T

Berdasarkan hasil dari tabel 6 diatas, terlihat bahwa nilai dari purity gas sf6 di pmt bay IBT 1 sisi 150 kV masih bernilai sangat baik yaitu 99,1 % dari standar purity gas sf6 yang diijinkan diatas 97%, dan juga nilai kadar S02 yang terkandung didalam gas sf6 ialah 2ppmv, sedangkan nilai moisture atau kelembapan masih dalam tahap dibawah standar yaitu 122 ppmv dari batas yang diizinkan yaitu <2000 ppmv. Untuk PMT di cigereleang berjenis Threepole,dimana pengukuran gas sf6 dilakukan satu kali untuk ketiga phasanya karna memiliki satu ruang pengukuran gas sf6

C. Frekuensi Kinerja PMT

Perhitungan frekuensi kinerja pmt merupakan suatu tahapan untuk mengetahui batasan pemutus tenaga dalam beroperasi memutus jumlah arus gangguan berdasarkan jumlah operasi kerja dari pemutus tenaga tersebut dalam mengamankan gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Berikut data frekuensi yang berhasil direkap dalam kurun waktu 5 tahun terakhir yang telah dimasukkan kedalam tabel akumulasi banyaknya gangguan yang menyebabkan PMT bekerja pada masing-masing bay yang memiliki kelainan nilai tahanan kontak:

Tabel 7. Data pemutusan Bay Cigereleang 1

Jumlah pemutusan (n)	3	1	2	3	5
Arus Gangguan (kA)	2,5	4	9	10	11

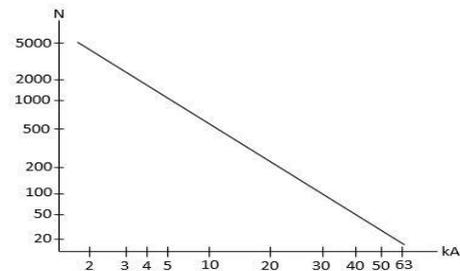
Tabel 8. Data pemutusan Bay IBT 1 sisi 150 kV

Jumlah pemutusan (n)	1	1	1	1
Arus Gangguan (kA)	11	4	9	2,5

Sehingga dengan menggunakan data diatas dan perhitungan batasan operasi PMT seperti rumus dibawah ini :

$$\sum n x I^{1,8} = 20000 \quad (1)$$

didapatkan hasil jumlah frekuensi pemutusan sebagai berikut :



Gambar 6 Grafik batasan operate

Tabel 9 Data pemutusan Bay IBT 1 sisi 150 kV

No	Bay	Frekuensi pemutusan (n')	Batasan pemutusan arus kondisi akhir (kA)
1	Cigereleang 1	700	1 - 9
2	IBT 1 sisi 150 kV	150	1-17

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa untuk PMT di bay cigereleang 1 memiliki frekuensi pemutusan sebanyak 700 kali dengan hasil itu, kondisi akhir pemutus ini hanya dapat memutus arus gangguan sebesar 1 sampai 9 kA, sedangkan untuk PMT bay IBT 1 sisi 150 kV memiliki frekuensi pemutusan sebanyak 150 kali dengan hasil tersebut kondisi akhir pemutus ini hanya dapat memutus arus gangguan sebesar 1-17 kA.

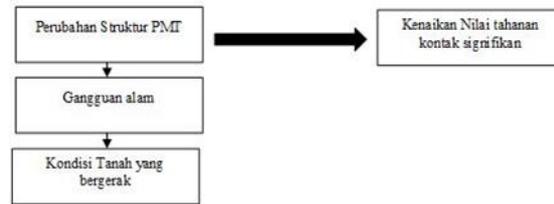
D. Pemeriksaan Visual PMT

Dara hasil pemeriksaan visual yang dilakukan seperti pengecekan struktur penyangga mekanik dari PMT dan leveling yang dilakukan ditemukan hasil seperti berikut.

Tabel 10 Hasil Pengamatan struktur PMT

No	Bay	Kondisi fisik	Ket.
1	Cigereleang 1	Normal	Tidak terjadi perubahan sudut struktur pmt.(ditandai dengan posisi gelembung water pass berada diposisi center)
2	IBT 1 sisi 150 kV	Tidak Normal	Ditemukan kemiringan struktur pondasi pmt (ditandai dengan kemiringan posisi gelembung waterpass tidak berada di posisi center)

Dari hasil pengecekan kondisi, terdapat pergeseran struktur yang terjadi pada pmt bay ibt 1 sisi 150 kv yang di tandai dengan kemiringan waterpass. Pergeseran struktur ini akan mempengaruhi perubahan mekanik penggerak pmt dan menghasilkan perubahan posisi (kerapatan) pada kontak utama pmt, akibat perubahan posisi kerapatan ini akan mempengaruhi nilai tahanan kontak pmt.



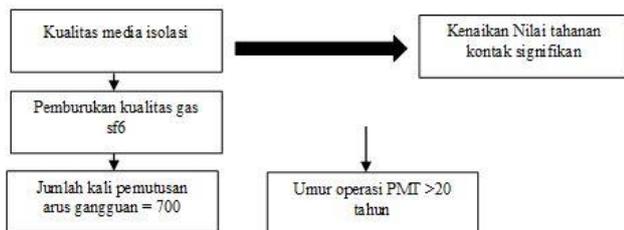
Gambar 8 cause effect kenaikan nilai tahanan kontak pmt bay IBT 1 sisi 150 kV

E. Penarikan Cause Effect FMEA.

Berdasarkan cause effect kenaikan nilai tahanan kontak dari FMEA PMT, kenaikan nilai tahanan kontak pada pmt disebabkan oleh empat faktor, yaitu: Arus pemutusan, Struktur PMT, kerusakan kualitas media isolasi, cacat material. Setelah mengetahui faktor penyebab kenaikan nilai tahanan kontak secara umum, maka kita dapat menyesuaikan penyebab dari kenaikan tahanan kontak pada pmt bay cigereleang 1 dan ibt 1 sisi 150 kV.

Bay Cigereleang 1

Dari hasil rekapan data maupun inspeksi yang dilakukan terhadap kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan pada PMT bay cigereleang 1 dapat diketahui penyebab utama kenaikan nilai tahanan kontak pada PMT bay cigereleang 1 adalah kerusakan kualitas media isolasi dari pemutus tersebut. Yang ditunjukkan dengan diagram cause effect gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7 cause effect kenaikan nilai tahanan kontak pmt bay cigereleang 1

Bay IBT 1 sisi 150 kV

Dari hasil rekapan data maupun inspeksi yang dilakukan terhadap kenaikan nilai tahanan kontak yang signifikan pada PMT bay IBT 1 sisi 150 kV dapat diketahui penyebab utama kenaikan nilai tahanan kontak pada PMT tersebut adalah perubahan struktur mekanik dari PMT tersebut.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut, kejadian yang dapat menyebabkan perubahan nilai tahanan kontak pada pemutus tenaga ialah kerusakan kualitas media peredam busur api pada pmt yang diperoleh akibat kinerja operasi pmt yang sudah terlampaui banyak dan faktor usia pmt, dan adanya perubahan struktur penyangga mekanik pmt yang mempengaruhi perubahan posisi (kerapatan) kontak utama pada pmt. Berdasarkan hasil evaluasi tahanan kontak yang telah dilakukan di gardu induk bandung selatan, dari 13 PMT yang di ukur ditemukan bahwa :

- Terdapat 1 pemutus tenaga bay cigereleang 1 yang memiliki kondisi yang sudah buruk (1) dengan nilai tahanan kontak masing-masing fasa sebesar 88,74,86 microohm, nilai piurity kualitas gas sf6 sebesar 96% dari batas yang diijinkan >97%, nilai SO2 449 ppmv dari batas yang diizinkan <12ppmv, batas operasi maksimal pemutusan 1-9 kA serta umur peralatan yang sudah melebihi batas kerja suatu peralatan >20tahun (22tahun)
- Terdapat 1 pemutus tenaga bay ibt 1 sisi 150 kv yang memiliki kondisi masih cukup baik (6) dengan nilai tahanan kontak masing- masing fasa 66,63,62, nilai piurity kualitas gas sf6 sebesar 99,1% dari batas yang diijinkan >97%, nilai SO2 2 ppmv dari batas yang diizinkan <12ppmv, batas operasi maksimal pemutusan 1-17 kA serta umur peralatan yang masih dibawah batas kerja peralatan >20tahun (9tahun)
- Dan 10 PMT sisanya masih dalam kondisi baik (9) dengan hasil nilai tahanan kontak dibawah standar pabrikan (<50 $\mu\Omega$)

Kenaikan nilai tahanan kontak pada pemutus tenaga dapat menyebabkan naiknya nilai losses (rugi daya) antara pmt, hal ini juga menimbulkan efek kenaikan suhu pada kontak utama yang sewaktu-waktu akan menyebabkan PMT meledak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada tim saya, yang telah membantu dalam pembuatan riset ini sehingga bisa terbit di jurnal teknologi elektro. Selain itu kami juga mengucapkan

terima kasih kepada Universitas Mercu Buana, prodi Teknik elektro yang telah memberikan fasilitas untuk menunjang penelitian ini. Terima kasih kami ucapkan kepada Ibu Kepala Pusat penelitian dan P4 UMB dan tim yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Sasmita dan A. Nugroho, "Operasi dan Pemeliharaan Pemutus Tenaga Dengan SF₆ (Sulfur hexafluoride) Sebagai Pemadam Busur Api Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV Ungaran". 6(1), 2014.
- [2] S. M. Gunawan dan J. Sentosa, "Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar", Sulawesi Selatan. Dimensi Teknik Elektro, 1, 2013
- [3] A. Goeritno, S. Rasiman dan Z. Komara, "Kinerja Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Bermedia Gas SF₆ Berdasarkan Sejumlah Parameter Diri". 12(2), 104–111, 2018.
- [4] R. Fitriyan, "Analisis risiko kerusakan peralatan dengan menggunakan metode fmea untuk meningkatkan kinerja pemeliharaan prediktif pada pembangkit listrik", Skripsi, 2016.
- [5] H. A. Surasa, "Analisis Penyebab Losses Energi Listrik Akibat Gangguan Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis Di PT. PLN (PERSERO) Unit Pelayanan Jaringan Sumberlawang, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, 2007.
- [6] Y. Wibisana, R. S. Wibowo dan I. Arifianto, "The condition-based maintenance concept for 500 kV circuit breakers in PLN P3B Jawa Bali — Indonesia", 2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, 2013