

ANALISIS KEANDALAN TRANSFORMATOR DAYA 70/20 KV DI PT.PLN (PERSERO) P3BS GI SUKAMERINDU BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN ISOLASI MINYAK DGA (*Dissolved Gas Analysis*) MENGGUNAKAN METODE MARKOV

Hergo Afrizon*, Firdaus**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: hergoafrizon@gmail.com

ABSTRACT

Power transformer plays a very important role in the electric transmission system to convert the voltage level of the system. An abnormal operation of power transformer can decrease its reliability. The most common cause of abnormal operation in power transformer is oil damage. Markov method is applied using Dissolved Gas Analysis (DGA) test from transformer oil to determine transformer's insulation resistance and breakdown voltage. Continuous Markov method is applied to determine steady-state and inntantaneous conditions that occur in the transformer's oil. Furthermore, Markov process the power transformer must satisfy certain requirements such as lack of memory and stationery or homogeny. After all requirements are met, then the value of each transfer rates and transition times are determined for transformer reliability and availability calculations transition matrix by using rate of failure (λ), rate of improvement (μ), the stead-state value of transition matrix. The sum of all incident condition value, failure rate and rate of improvement are considered as transformer reliability. The result of Markov continuous analysis obtained the transformer reliability for total Dissolved Combustible Gases (TDCG) parameter for initial operation is 0.99 and it decreased to 0.60 after 365 days of operation. The transformer reliability decreased to 39% for 365 days of operation. Furthermore, the transformer availability for duration of 302 days are considered as good condition for all TDCG gas parameter and not good for 61 days.

Keywords : *Oil Testing Transformer DGA (Dissolved Gas Analysis), Isolation Resistance and Breakdown Voltage, Markov Continuous Method.*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik memegang peranan yang sangat penting didalam menunjang segala aktivitas masyarakat, sehingga penyaluran energi listrik yang handal sangat dibutuhkan untuk mensuplai beban-beban yang ada. Transformator tenaga diperlukan dalam penyaluran energi listrik yang dapat mentransformasikan tegangan dari satu level ke level lain. Namun gangguan sering terjadi pada internal transformator tenaga baik itu gangguan pada tahanan isolasi, tegangan tembus maupun pada kandungan gas terlarut di

minyak transformator. Gangguan ini merupakan gangguan yang sangat sulit dideteksi dan didiagnosa sebab gangguan ini termasuk gangguan yang terjadi didalam transformator dan sangat berhubungan erat dengan minyak transformator karena gangguan terjadi disebabkan oleh *arc* (busur api) yang terjadi didalam transformator itu sendiri.

Pada prinsipnya gangguan yang terjadi pada transformator menurut tempatnya dibagi dua jenis yaitu gangguan dari luar dan dari dalam transformator itu sendiri. Gangguan dari luar terjadi karena hubung

singkat di luar transformator atau beban lebih, sedangkan dari dalam transformator bisa terjadi karena gangguan pada kumparan dan persambungan, minyak transformator merupakan salah satu bagian dari transformator daya yang berfungsi sebagai media pendingin dan media isolasi pada transformator, apabila terjadi gangguan thermal maupun gangguan listrik, maka akan muncul gas-gas dalam minyak trafo, setelah diketahui jenis dan jumlah gas yang ada pada minyak trafo, maka dapat diketahui kemungkinan yang akan terjadi. Untuk mengetahui keandalan dari transformator perlu dilakukan suatu pengujian untuk mengetahui keadaan dari transformator tersebut, salah satunya melakukan uji dengan metode DGA (*Dissolved Gas Analysis*) yaitu menganalisis kandungan-kandungan gas yang berada pada minyak trafo. Setelah dilakukan uji DGA, tahanan isolasi dan tegangan tembus maka akan dilakukan interpretasi data untuk mengetahui keadaan dari transformator tersebut Menggunakan metode Markov.

Berdasarkan pertimbangan diatas, penulis melakukan penelitian mengenai “Analisis Keandalan Transformator Daya 70/20 kV DI PT. PLN (PERSERO) P3BS GI Sukamerindu berdasarkan hasil pengujian isolasi Minyak DGA (*Dissolved Gas Analysis*) Menggunakan metode Markov “

1.2 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Melakukan pemodelan Markov berdasarkan data hasil pengujian DGA, tahanan isolasi dan tegangan tembus.
2. Menganalisa nilai keandalan dan ketersediaan transformator berdasarkan hasil tes DGA, hasil pengujian tahanan isolasi, dan hasil pengujian tegangan tembus dengan menggunakan metode Markov.

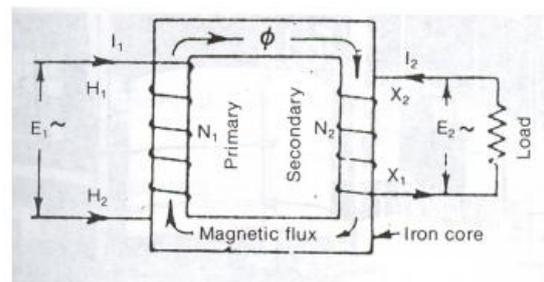
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari tegangan rendah ke tegangan tinggi atau sebaliknya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi *faraday* dan hukum *lorentz* dalam proses meyalurkan dayanya, dimana dalam prinsip induksi *faraday* menyatakan bahwa suatu gaya listrik melalu garis lengkung yang tertutup berbanding lurus dengan perubahan persatuan waktu dari pada waktu induksi atau fluks yang dilingkari oleh garis lengkung itu.

Sedangkan hukum *lorentz* menyatakan bahwa arus bolak balik yang mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial.

Dari dua prinsip diatas yaitu hukum induksi *faraday* dan hukum *lorentz* didapatkan arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator yang mana didalam inti besi akan mengalir fluks magnet dan fluks magnet ini akan menginduksi belitan belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Prinsip dasar cara kerja Transformator

(Sumber : PT PLN Persero 2003)

Dalam pengoperasian penyaluran tenaga listrik transformator, dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam keadaan beroperasi

transformator diharapkan beroperasi secara maksimal, dapat beroperasi secara terus menerus tanpa adanya suatu kegagalan, menilai dari fungsi transformator yang sangat penting maka pemeliharaan terhadap transformator harus benar-benar diperhatikan. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem yang baik, benar dan tepat.

Berdasarkan tegangan pengoperasiannya transformator dapat dibedakan menjadi 500/150 kV dan 150/70 kV yang biasa disebut *Interbus Transformator* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga transformator daya.

2.2 Minyak transformator

Minyak transformator adalah minyak mineral yang diperoleh dari pemurnian minyak mentah, selain itu minyak transformator juga berasal dari bahan-bahan organik, seperti minyak *piranol* dan *silicon*. Dalam minyak transformator biasanya mengandung unsur atau senyawa hidrokarbon senyawa hidrokarbon tersebut adalah senyawa hidrokarbon *aromatic*, senyawa hidrokarbon *naftenik* dan senyawa hidrokarbon *parafinik*. antara ketiga jenis minyak tersebut tidak boleh dilakukan pencampuran karena mempunyai sifat fisik maupun sifat kimia yang berbeda beda.

selain ketiga senyawa tersebut minyak transformator juga mengandung senyawa yang disebut zat adiktif meskipun kandugannya sangat kecil Timbulnya senyawa hidrokarbon ini pada minyak transformator dikarenakan dalam pemakaiannya terdapat pengaruh panas dari rugi-rugi didalam transformator, minyak transformator pada dasarnya memiliki 4 fungsi penting dalam transformator yaitu berfungsi sebagai media isolasi, media pendingin, pelindung belitan dari oksidasi dan melarutkan gas yang dihasilkan oleh degradasi minyak transformator .

Minyak isolasi transformator secara umum adalah minyak mineral yang dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu *aromatic*,

aftenik dan *parafinik*. Bentuk minyak transformator ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Minyak Transformator (Sumber : PT PLN Persero 2003)

Fungsi minyak Transformator menurut PT PLN Persero (2003) sebagai berikut :

1. Sebagai Isulator, mengisolasi kumparan didalam transformator supaya tidak terjadi loncatan-loncatan bunga api listrik (hubungan singkat) akibat tegangan tinggi
2. Sebagai pendingin mengambil panas yang ditimbulkan sewaktu transformator berbeban lalu melepaskannya.
3. Melindungi komponen-komponen didalam transformator dari korosi dan oksidasi.

2.3 Dissolved gas Analysis (DGA)

Transformator sebagai peralatan tegangan tinggi tidak lepas dari kemungkinan mengalami kondisi abnormal, dimana pemicunya dapat berasal dari internal dan *external* transformator tersebut, ketidak normalan ini akan menimbulkan dampak terhadap kinerja transformator. Secara umum dampak ini dapat berupa *over heating* dan *arcing*. Dan salah satu metode ada tidaknya ketidaknormalan pada transformator menurut transformator *diagnostics* (2003) adalah mengetahui dampak dari ketidak normalan itu sendiri, untuk mengetahui dampak ketidaknormalan pada transformator digunakan metode *Dissolved gas analysis* (DGA).

Pada saat terjadi ketidak normalan pada transformator, minyak isolasi sebagai hidrokarbon akan terurai akibat besarnya energi ketidak normalan dan akan membentuk gas-gas hidrokarbon yang larut didalam minyak isolasi itu sendiri. Pada dasarnya DGA adalah proses untuk menghitung kadar/nilai dari gas-gas hidrokarbon yang terbentuk akibat ketidaknormalan dan dari komposisi kadar/nilai itulah dapat diprediksi dampak-dampak ketidak normalan apa yang ada didalam transformator, apakah trafo mengalami *overheat*, *arcing* atau *corona*.

Gas-gas yang dideteksi dari hasil pengujian DGA adalah Hidrogen (H₂), Metana (CH₄), Karbondioksida (CO₂), Etilen (C₂H₄), Asetilen (C₂H₂), Etane (C₂H₆).

Apabila kondisi gas diketahui abnormal maka *engineer* mengklasifikasikan kedalam beberapa kondisi gangguan yang paling mungkin terjadi.

Tabel 2.1. Konsentrasi *Dissolved gas* berdasarkan standar IEEE

S	Gas (ppm)							
	H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2	TDCG
K1	100	120	35	50	65	350	2500	720
K2	101-	121-	36-50	51-100	66-10	351-	2500-	721-
	700	400			0	570	4000	1920
K3	701-	401-	51-80	101-	101-	571-	4001-	1921-
	1800	1000		200	150	1400	10000	4630
K4	>1800	>1000	>80	>200	>150	>1400	>10000	>4630

(Sumber : United States departement of the Interior, 2000)

2.4 Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada awal pengujian dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi transformator, untuk menghindari kegagalan yang fatal pengujian pengukuran tahanan Isolasi yang biasa dilakukan adalah

1. Sisi HV-LV
2. Sisi HV-Ground
3. Sisi LV-Ground

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *megger*. Pengukuran lebih baik dilakukan dengan menggunakan baterai karena dapat membangkitkan tegangan tinggi yang lebih stabil, untuk mengukur Transformator caranya adalah mengukur kondisi isolasi baik saat transformator yang akan dipasang atau transformator yang sudah beroperasi

Namun PLN juga memiliki standar tersendiri dalam menganalisa kondisi tahanan isolasi transformatornya. Berikut standar nilai yang digunakan PLN untuk menganalisa kondisi transformator berdasarkan pengujian tahanan isolasi :

Tabel 2.3. Pembagian kondisi hasil pengujian Tahanan Isolasi

Kondisi				
K1	K2	K3	K4	F
21000<	11000-21000	1000-11000	1000	Off Line

(Sumber : PT PLN Persero 2003)

2.5 Tegangan Tembus

Pengujian tegangan tembus dilakukan untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan setres tegangan. Sebagai isolasi minyak transformtor baru harus mempunyai tegangan tembus minimal 120 kV/cm, sedangkan untuk minyak yang terpakai minimal 80 kV/cm. Sebagai cairan pendingin nilai viskositas untuk minyak baru minimal 18,50 miliposes, sedangkan untuk minyak yang terpakai maksimal 19,24 miliposes, titik nyala minimum 140⁰C dan saat transformator dalam keadaan berbeban transformator akan menimbulkan panas 60⁰C-80⁰C pada kumparan-kumparan yang disalurkan minyaknya dengan cara konveksi dan radiasi udara melalui sistem pendinginnya. Zat asam pada suhu minyak antara 60⁰C-80⁰C bereaksi dengan minyak transformator, sehingga terjadi persenyawaan asam dan air makin tinggi .

Apabila kadar asam tinggi akan bereaksi pada kumparan dan bagian logam transformator, sehingga akan membentuk

garam-garam yang tidak dapat larut dan mengendap berupa bintik-bintik warna merah coklat, kondisi ini bila di biarkan terus-menerus bisa berakibat merusak kumparan dan minyak menjadi kental, sehingga daya pendingin dan tegangan tembusnya semakin menurun.

Namun PLN juga memiliki standar tersendiri dalam menganalisa kondisi minyak transformatr berdasarkan pengujian tegangan tembus yang sudah dilakukan, berikut standar nilai PLN untuk menganalisis kondisi transformator berdasarkan pengujian tegangan tembus :

Tabel 2.4. Standar PLN untuk tegangan tembus

Kondisi				
1(kV/cm)	2(kV/cm)	3(kV/cm)	4(kV/cm)	5(kV/cm)
<74	58-74	46-58	<46	F

(Sumber : PT PLN Persero 2003)

2.6 Definisi keandalan dan ketersediaan

Definisi untuk memahami konsep keandalan diantaranya adalah :

Keandalan (*reliability*), Ketersediaan (*availibility*) dan kemampurawatan (*maintainability*).

1. Keandalan (*reliability*)

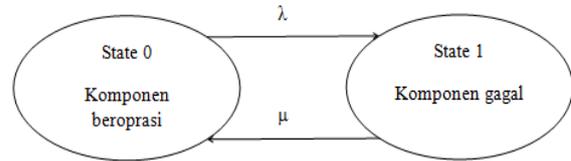
Didefinisikan sebagai suatu probabilitas dari sebuah alat atau item untuk dapat melakukan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan.

2. Ketersediaan (*availibility*)

Didefinisikan sebagai probabilitas untuk dapat menemukan suatu sisitem dengan berbagi kombinasi aspek-aspek keandalannya kemampurawatannya dengan dukungan perawatan untuk melakukan fungsi yang diperlukan pada suatu perioda waktu tertentu.

2.7 Metode Markov kontinyu

dalam konsep Markov chain sistem kontinyu ini, misalkan ada sebuah komponen tunggal yang mampu-reparasi (*repairable*) dimana *failure rate* dan *repair rate* nya adalah kontinyu.



Gambar 2.3. state-space diagram untuk komponen tunggal (Sumber Dwi Priyanta 2003)

Definisi-definisi berikut digunakan untuk menjelaskan diagram pada gambar 2.3. diatas

$P_0(t)$ = probabilitas komponen dapat beroperasi pada saat t

$P_1(t)$ = probabilitas komponen tidak dapat beroperasi pada saat t

λ = laju kegagalan (*failure rate*)

μ = laju perbaikan (*repair rate*)

Jika nilai dari probabilitas kondisi batas didefinisikan oleh P_0 dan P_1 masing-masing untuk keadaan beroperasi dan keadaan gagal maka persamaannya dapat ditulis seperti berikut :

Fungsi waku

$$\lambda(t) = \frac{-dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \dots \dots \dots (1)$$

fungsi keandalan

$$p_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \dots \dots \dots (2)$$

$$p_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \dots \dots \dots (3)$$

$$p_0 + p_1 = 1 \dots \dots \dots (4)$$

Dalam notasi matriks

$$[p'_0(t) p'_1(t)] = [p_0(t) p_1(t)] \begin{bmatrix} -\lambda & \dots & \lambda \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu & \dots & -\mu \end{bmatrix} \dots (5)$$

3 METODE PENELITIAN

3.1 Observasi Lapangan

Observasi langsung kelokasi penelitian untuk mengetahui kondisi obyek yang akan dijadikan bahan penelitian yang berada di Gi Sukamerindu, Observasi lapangan ini dilakukan agar penulis mengetahui secara *rill* tentang keadaan sistem yang akan dianalisa

3.2 Pemodelan Markov

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian minyak transformator yang berada di GI Sukamerindu (Pengujian DGA, pengujian tahanan isolasi dan pengujian tegangan tembus) maka penulis dapat melakukan pemodelan Markov.

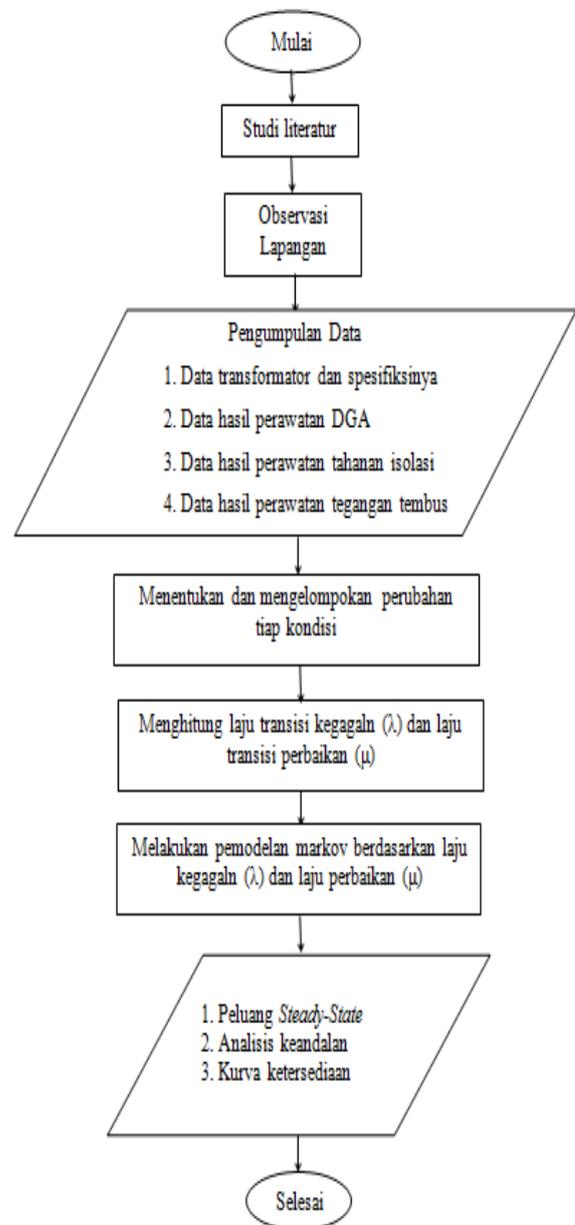
Dalam tahapan pemodelan markov ini keadaan-keadaan yang terjadi pada tes DGA, tahanan Isolasi dan tegangan tembus, dimulai dari kondisi yang paling baik hingga kondisi yang paling buruk, kondisi-kondisi tersebut ditentukan berdasarkan standar IEEE dan standar yang di gunakan oleh PLN untuk menentukan kondisi minyak transformator yang sudah ditetapkan antara lain :

- Kondisi 1 disimbolkan dengan D1
- Kondisi 2 disimbolkan dengan D2
- Kondisi 3 disimbolkan dengan D3
- Kondisi 4 disimbolkan dengan D4
- Kondisi *off-line* disimbolkan dengan F

Dalam pemodelan markov ini keadaan-keadaan laju transisi tersebut disimbolkan dalam lingkaran dan dijabarkan dari kiri ke kanan mulai dari kondisi terbaik hingga kondisi terburuk, dalam pemodelan markov kondisi 1-4 merupakan kondisi *on-line* yang berarti seburuk apapun keadaan transformator namun transformator tetap beroperasi dan dalam pemodelan markov perlu ditambahkan lagi suatu keadaan dimana transformator mengalami kegagalan operasi (*failure*) yang mana keadaan tersebut transformator harus dimatikan *off-line* dan keadaan ini seharusnya dihindari dalam pengoperasian

transformator. Keadaan *off-line* ini dalam pemodelan rantai markov diberi simbol F.

3.4 Flowchart Penelitian



4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Markov untuk kurva keandalan (λ)

4.1.1 Pemodelan Markov untuk Data DGA (*Dissolved Gas Analysis*)

- **Pemodelan keandalan untuk gas TDCG**

Dibawah ini adalah hasil perhitungan laju kegagalan (λ) untuk gas TDCG

Perubahan kondisi	λ
D1-D2	0.0061
D1-D3	0.0062
D2-D3	0.0054
D2-D4	0.0056

Berdasarkan tabel Diatas dapat dibuat diagram pemodelan rantai markov seperti pada gambar dibawah ini



4.2 Pemodelan markov untuk kurva ketersediaan (μ)

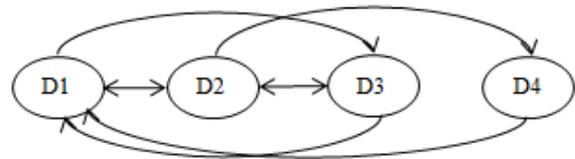
4.2.1 Pemodelan Markov Untuk Data DGA (*Dissolved Gas Analysis*)

- **Pemodelan ketersediaan untuk gas TDCG**

Dibawah ini adalah hasil perhitungan laju kegagalan (μ) untuk gas TDCG

Perubahan kondisi	λ	Perubahan kondisi	μ
D1-D2	0.0061	D2-D1	0.0066
D1-D3	0.0062	D3-D1	0.0092
D2-D3	0.0054	D3-D2	0.0108
D2-D4	0.0056	D4-D1	0.0084

Berdasarkan tabel Diatas dapat dibuat diagram pemodelan rantai markov seperti pada gambar dibawah ini



4.3 Analisis keandalan

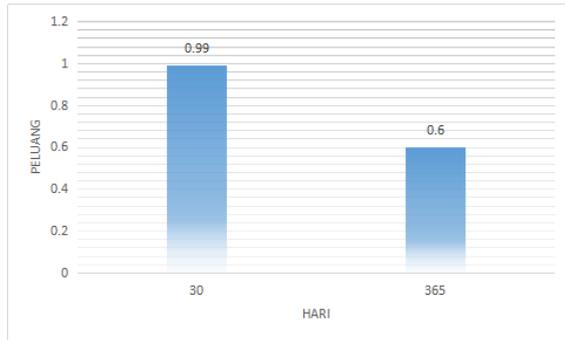
4.3.1 Analisa keandalan Untuk tes DGA (*Dissolved Gas Analysis*)

- **Analisis keandalan untuk gas TDCG**

Setelah dilakukan perawatan dengan rutin nilai keandalan transformator untuk gas TDCG, saat pertamakali beroperasi setelah dilakukan perawatan adalah 0.99 dan jika transformator dioperasikan selama 1 tahun atau 365 hari lagi tanpa dilakukan perawatan maka keandalan transformator akan menurun hingga 0.60 dan pada nilai tersebut jika transformator yang berada di GI Sukamerindu yang berkapasitas 70/20 kV ada 3 buah maka transformator yang akan mengalami kerusakan adalah $(1 - \text{nilai keandalan transformator})$.

Berdasarkan data setelah dilakukan observasi kelapangan terdapat 3 buah transformator yang berada di GI Sukamerindu dengan kapasitas 70/20kV, dari jumlah trasformator tersebut, dapat diperkirakan jumlah transformator yang akan mengalami kerusakan saat awal beroperasi adalah $(1 - 0.99) \times 3 = 0.03$ buah, dan transformator yang akan mengalami kerusakan setelah 365 hari beroperasi adalah $(1 - 0.60) \times 3 = 1.2$ buah, berarti transformator yang diprediksikan mengalami kerusakan setelah beroperasi selama 365 hari adalah 1 buah.

kemudian persentase menurunnya nilai keandalan transformator yang berada di GI Sukamerindu diprediksikan mencapai $(0.99 - 0.60) / 0.99 \times 100\% = 39.39\%$



4.4 Kurva ketersediaan

4.4.1 Kurva ketersediaan Untuk tes DGA (*Dissolved Gas Analysis*)

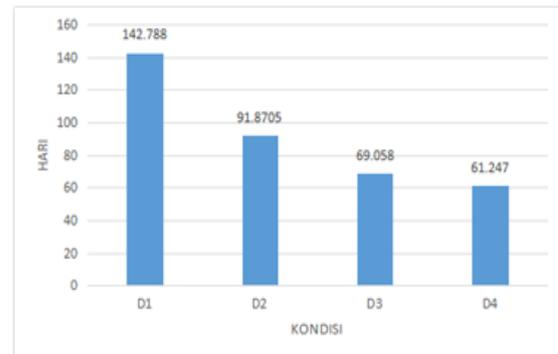
- Kurva ketersediaan untus gas TDCG

Terdapat empat kondisi yang dapat mempengaruhi kinerja transformator yaitu nilai *steady-state* D1, D2, D3 dan D4, dimana kondisi D1, D2 dan D3 dapat dikategorikan sebagai kondisi baik dan D4 dikategorikan sebagai kondisi buruk, dalam perhitungan komputer menggunakan *software* matlab untuk kondisi baik didapatkan kondisi *steady-state* untuk D1 adalah 0.3912, nilai *steady-state* untuk D2 adalah 0.2517 dan nilai untuk *steady-state* D3 adalah 0.1892, untuk kondisi buruk adalah kondisi D4 dan didapatkan nilai *steady-state* untuk D4 adalah 0.1678, dari nilai *steady-state* transformator tersebut dalam pengoperasian yang cukup lama peluang transformator dari masing-masing kondisi dapat diketahui dengan cara dikalikan dengan lamanya waktu transformator dioperasikan. Diasumsikan transformator beroperasi selama 1 tahun atau 365 hari maka dapat diketahui nilai ketersediaan transformator untuk gas TDCG sebagai berikut.

Kondisi baik terdapat pada kondisi D1, D2 dan D3, maka nilai *steady-state* D1 0.3912×365 hari maka didapatkan 142.788 hari, frekuensi terjadinya D2 adalah 0.2517×365 hari maka didapatkan 91.8705 hari, nilai frekuensi terjadinya D3 adalah 0.1892×365 maka didapatkan 69.058 hari.

Sedangkan untuk kondisi buruk terjadi pada kondisi D4 maka nilai *steady-state* D4 0.1678×365 maka frekuensi terjadinya

kondisi D4 adalah 61.247 hari, pada kondisi D4 ini merupakan kondisi buruk, maka transformator harus segera dilakukan tindakan perawatan.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai keandalan transformator berdasarkan nilai TDCG, pada saat awal beroperasi nilai keandalan transformator mencapai 0.99, dibandingkan dengan nilai keandalan transformator setelah beroperasi selama 1 tahun atau 365 hari menurun hingga 0.60 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai keandalan transformator sebesar 39%.
2. Nilai ketersediaan transformator berdasarkan TDCG, dalam kondisi baik untuk semua gas terjadi selama 302 hari, sedangkan kondisi kurang baik terjadi selama 61 hari.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan penulis kepada pihak PT PLN PERSERO P3BS GI Sukamerindu untuk pengembangan penelitian analisis selanjutnya, antara lain :

1. Untuk mendapatkan keandalan pada analisis transformator, tidak hanya berdasarkan analisis tes DGA, tahanan isolasi dan tegangan tembus saja dimana masih sangat banyak sampel uji yang bias digunakan pada

- karakteristik minyak transformator, semakin banyak sampel pengujian transformator maka akan didapatkan keakuratan analisis yang semakin baik.
2. Untuk menjaga agar peralatan listrik yang berada di Gi Sukamerindu tetap beroperasi dengan handal, seperti transformator maka jangan hanya mengutamakan analisis pada tes DGA, tahanan isolasi dan tegangan tembus saja namun semua aspek yang berhubungan dengan transformator, seperti peralatan pengaman, jadwal perawatan dan lingkungan sekitar transformator yang bias mempengaruhi kinerja transformator.
- M. Duval Dissolved Gas Analysis : *It can Save your Transformer*, IEEE Elictrical Magazine.
- PT.PLN (Persero) “*P3B Analisa Data Hasil Pengujian DGA*”, P3B Region Jakarta & Banten
- Farida Lailiyana,”*Analisa Kualitas Transformator Daya 150/70 kV di Gi Banaran Berdasarkan Hasil Pengujian Isolasi Minyak dengan Menggunakan Metode Stokastik*”.
- Ketutbuda,”*Rantai Markov Diskrit (Discrete Markov Chain),” Guidelines For Hazard Evaluation Procedures*

DAFTAR PUSTAKA

- Hanif Mufidah “*Analisah Pengaruh Jadwal Pemeliharaan Terhadap Keandalan Transformator 80 MVA Berdasarkan Hasil uji tes DGA dan Tegangan tembus Dengan Metode Markov*”.
- Priyanta, D.(2003). *Keandaln dan Perwatan. Modul 2. Jurusan teknik system Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.*
- Wulandari,D. (2010). *Studi Analisis Penjadwaln Pemeiharaan Transformator Daya 150 kV di PT.PLN (Persero) P3B jawa Bali Berdasarkan Prediksi Karakteristik Minyak Trransfromator. Surabaya: FTI-ITS*
- (n.d).H., I. G. (2005). Tesis Magester. *Analisis Penjadwlan Transformator Daya Dengan Pemodelan Markov.*
- Panduan pemeliharaan Trafo Tenaga.*(2003. PT.PLN (Persero) P3B.