

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

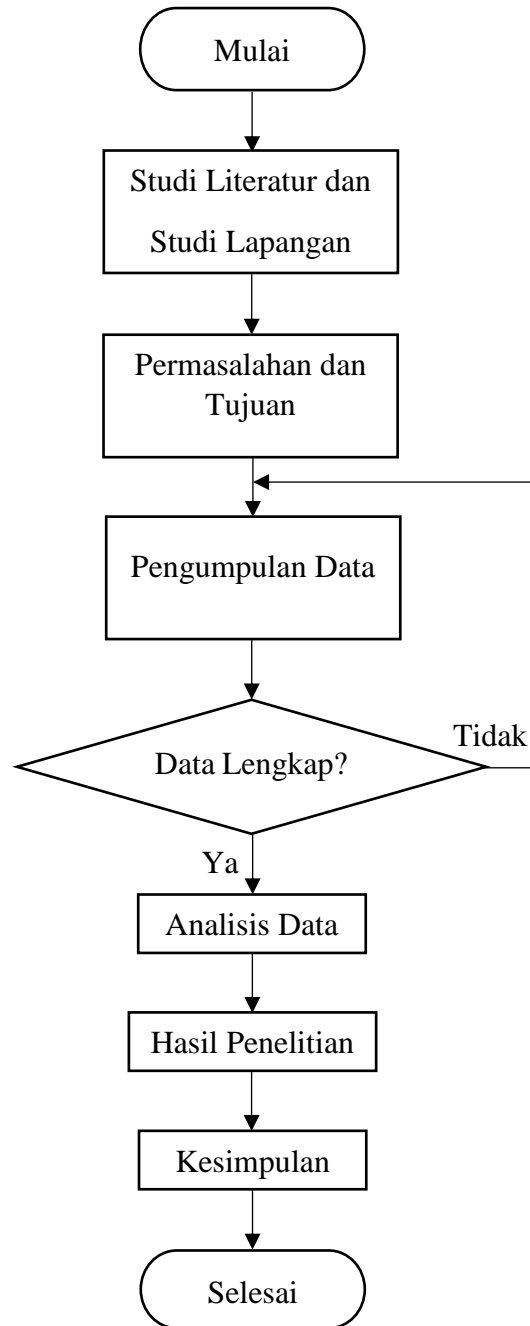
#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Objek penelitian ini dilakukan pada Transformator yang berada di Gardu Induk Bandung Utara. Pengambilan data dilakukan di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Bandung Utara, yang terletak di Jl. Sersan Bajuri No.4, Isola, Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154.

#### **3.2 Alur Penelitian**

Metode penelitian merupakan sebuah cara yang perlu dilakukan dalam kegiatan penelitian agar pengetahuan yang akan dicapai pada sebuah penelitian dapat memenuhi nilai-nilai ilmiah. Maka dengan demikian penyusunan metode ini bertujuan agar peneliti mendapat suatu kesimpulan yang diharapkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pada metode penelitian ini didalamnya mencakup beberapa hal yang setiap tujuannya untuk menentukan keberhasilan dari pelaksanaan penelitian guna menjawab permasalahan yang disampaikan dalam penelitian ini. Langkah – langkah yang telah ditetapkan yaitu penetapan tempat dan waktu penelitian, penetapan prosuder penelitian, dan membuat *flowchart* penelitian.

Sebuah penelitian yang baik membutuhkan pembuatan *flowchart* penelitian. *Flowchart* ini yang didalamnya menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian, yang dimulai dari langkah awal, yaitu studi literatur, lalu menentukan masalah penelitian, selanjutnya proses pengambilan data, sehingga bisa dilakukan proses pengolahan data, lalu dilakukan pembahasan, hingga ke langkah akhir, yaitu penulisan kesimpulan dari penelitian ini. Alur penelitian secara umum dapat dijelaskan pada Gambar 3.1

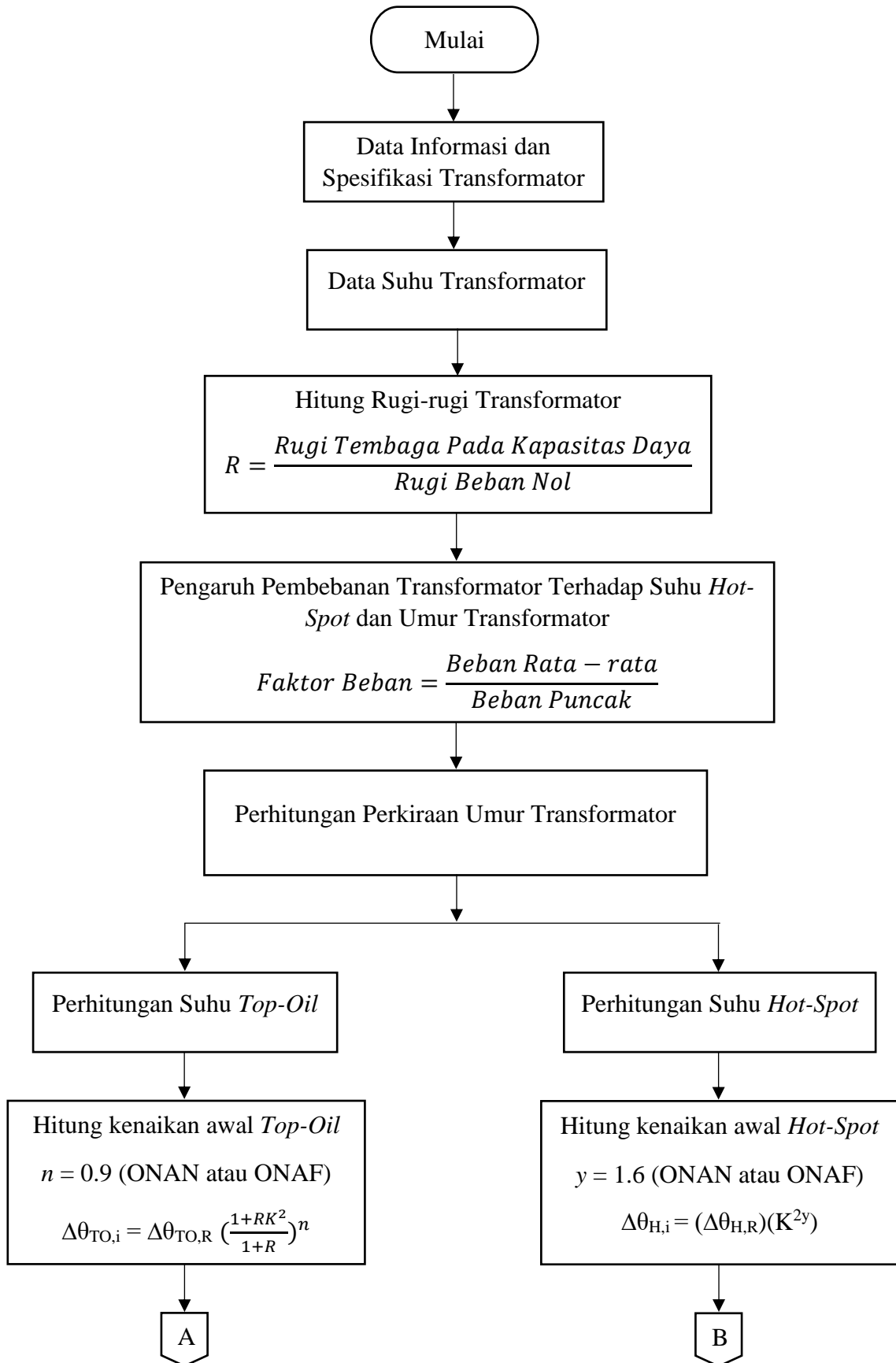


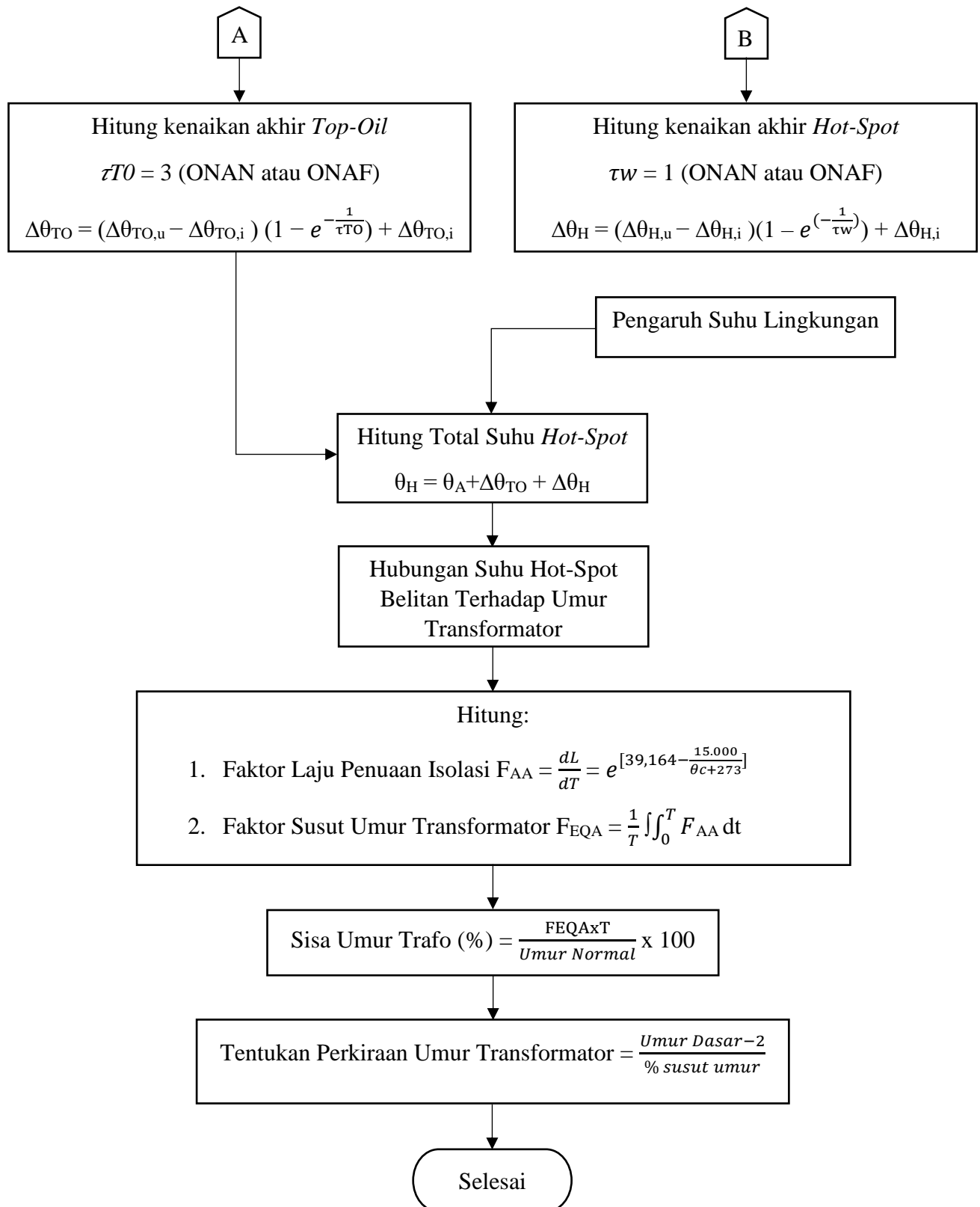
Gambar 3.1 Alur Penelitian Secara Umum

Berdasarkan Gambar 3.1 Alur Penelitian Secara Umum dapat dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur dan studi lapangan untuk pengambilan data yang dibutuhkan oleh penelitian ini.
2. Setelah melakukan studi literatur dan studi lapangan maka dapat diketahui masalah yang mendasari penelitian ini, dan ditentukan tujuan akhir dari penelitian.
3. Maka selanjutnya lakukan pengumpulan data dari buku-buku, internet, dan referensi lainnya yang diperlukan untuk memperhitungkan sisa umur transformator. Data tersebut adalah suhu *hot-spot* dan *top-oil*, pembebanan, suhu lingkungan, faktor beban, nilai eksponen minyak dan belitan transformator, konstanta minyak dan belitan, dan rasio rugi-rugi.
4. Jika data yang diperlukan sudah lengkap maka selanjutnya kita dapat memproses perhitungan untuk menentukan sisa umur transformator, dan jika data tidak sesuai atau tidak lengkap maka harus melakukan pengambilan data kembali.
5. Jika data yang diperlukan sudah sesuai dengan yang dibutuhkan maka lakukan perhitungan umur transformator sesuai dengan analisis data.
6. Lakukan input dan analisa data menggunakan *Software Microsoft Office Excel*, setelah melakukan analisis data maka akan diketahui sisa umur transformator yang diteliti.
7. Setelah didapat sisa umur transformator, maka tuliskan apa kesimpulan dari transformator yang diteliti. Apakah transformator memiliki umur yang sesuai dengan yang ditentukan oleh IEC (normal) atau kurang dari yang ditentukan oleh IEC, atau bahkan melebihi umur yang telah ditentukan oleh pabrikan.

Adapun secara rinci alur penelitian dan analisis data hasil penelitian dapat dijelaskan pada Gambar 3.2 berikut.





Gambar 3.2 Alur Analisis Data Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.2 Alur Analisis Data Penelitian dapat dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Masukkan data-data spesifikasi dan informasi mengenai transformator berdasarkan studi literatur dan studi lapangan yang telah dilakukan dan diperlukan untuk menghitung perkiraan umur transformator.
2. Masukkan data pengukuran suhu yang dapat mempengaruhi suhu panas pada transformator dan digunakan untuk perhitungan pada penelitian transformator ini.
3. Lakukan penentuan untuk perbandingan rugi-rugi sesuai dengan data dari hasil studi literatur dan studi lapangan yang telah diperoleh.
4. Karena pengaruh pembebanan dalam perkiraan umur transformator berupa faktor beban, setelah didapat data pembebanan yang lengkap, maka lakukan perhitungan faktor beban berdasarkan data yang telah didapat.
5. Lakukan perhitungan perkiraan umur transformator berdasarkan formula yang telah ditentukan.
6. Tentukan kenaikan awal suhu *top-oil* untuk dengan memasukkan data yang telah didapat dengan nilai eksponen minyak,  $n = 0.9$  untuk transformator yang menggunakan sistem pendingin ONAN dan ONAF.
7. Lakukan perhitungan sesuai dengan rumus untuk kenaikan akhir suhu *top-oil* dengan memasukkan data yang telah didapat dari kenaikan awal suhu *top-oil* dengan nilai konstanta  $(\tau T_0) = 3$  untuk transformator yang menggunakan sistem pendingin ONAN dan ONAF dan kenaikan suhu *top-oil* terbesar yaitu  $110^{\circ}\text{C}$ .
8. Setelah didapat hasil dari perhitungan *top-oil*, maka selanjutnya tentukan kenaikan awal suhu *hot-spot* dengan memasukkan data yang telah didapat dengan nilai eksponen belitan,  $y = 0.9$  untuk transformator yang menggunakan sistem pendingin ONAN dan ONAF.
9. Setelah didapat hasil dari kenaikan awal *hot-spot* maka selanjutnya masukan hasil tersebut ke rumus perhitungan kenaikan akhir *hot-spot* dan dengan konstanta belitan  $(\tau w) = 1$  untuk transformator yang menggunakan sistem pendingin ONAN dan ONAF dan kenaikan suhu *hot-spot* terbesar yaitu sebesar  $103^{\circ}\text{C}$ .

10. Masukkan suhu lingkungan sesuai yang telah ditentukan yaitu sebesar 30°C
11. Setelah didapat hasil dari perhitungan *Top-Oil*, *Hot-Spot* dan didapat Suhu Lingkungan, sesuai rumus maka jumlahkan hasil tersebut menjadi total suhu *Hot-Spot*, karena panas pada *real hot-spot* sangat dipengaruhi oleh Suhu *Top-Oil*, *Hot-Spot* dan Suhu Lingkungan (*Ambient*).
12. Setelah didapatkan Total *Real Hot-Spot*, maka selanjutnya masukan hasil dari perhitungan tersebut ke rumus untuk perhitungan Faktor Laju Penuaan Isolasi, untuk mengetahui seberapa besar laju penuaan yang terjadi pada transformator yang diteliti.
13. Masukkan nilai yang didapat dari hasil perhitungan Faktor Laju Penuaan Isolasi ke rumus perhitungan Faktor Susut Umur dan lakukan perhitungan sesuai dengan rumus.
14. Setelah didapat hasil dari perhitungan Faktor Susut Umur maka selanjutnya masukan hasil nilai tersebut ke rumus penilaian umur transformator dan lakukan perhitungan sesuai dengan rumus.
15. Selanjutnya maka masukan hasil dari penilaian umur transformator ke perhitungan untuk mengetahui sisa umur dari transformator, setelah didapat hasil perhitungannya maka dapat diketahui sisa umur transformator yang diteliti.

### **3.3 Data Pembebanan dan Data Suhu Transformator**

#### **A. Data Pembebanan**

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, berikut ini merupakan data pembebanan Transformator I Gardu Induk Bandung Utara yang diambil dalam kurun waktu satu bulan (31 hari) ditunjukkan pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1 Data Pembebanan Gardu Induk Bandung Utara

<b>Pembebanan Transformator Januari 2019</b>						
<b>Tgl.</b>	<b>Transformator 1 (MW)</b>					
	<b>09.00</b>	<b>10.00</b>	<b>11.00</b>	<b>18.00</b>	<b>19.00</b>	<b>20.00</b>
1	26.5	27	28	30	31.5	30
2	29	31	31	35	35	33
3	29.2	30.6	31.3	33	33	32.8
4	29	31	31.5	32	34	33
5	27	28	29	32	34	33
6	26.3	27.7	27.2	30	32.3	32.2
7	31	31	32	33	33.5	31.5
8	32	34	36.5	26	35	32
9	31.7	37	36.9	36.3	34.9	34.7
10	31	33.5	35	35	35.5	34
11	32	33.9	35	35	35	34
12	30.5	30.5	32	35	36.5	33.5
13	27	29.4	28.9	32.7	32.7	32.5
14	31	31.5	32	32.7	35	33.7
15	31.6	32.9	33	34.6	34.6	33.3
16	31	32	32.5	35	36	34
17	32	33	35	35	36	32
18	32.4	32.9	32.9	35.5	35.5	32
19	29	30	32	34	35	34
20	28	29	20	33	32	31
21	32.6	34.5	34.3	34.4	34.2	34.2
22	30.5	32	32	30	33	30.5
23	31	32.2	34	35	35	30
24	32.2	33.8	34.4	35.5	34.7	30.5
25	31.8	33	34	34	35	33
26	30	31	32	35	36	33
27	29	29	32	34	33.6	32
28	31	33	33.5	34	35	33
29	31	32	33.5	35	36	34
30	31.6	30.8	30.8	35.2	35.2	33
31	35	37	38	35	36	33



## B. Data Suhu Transformator

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, berikut ini merupakan data suhu pada Transformator 1 Gardu Induk Bandung Utara yang diambil dalam kurun waktu satu bulan (31 hari) ditunjukkan pada Tabel 3.2:

Tabel 3.2 Data Suhu Transformator Gardu Induk Bandung Utara

<b>Data Suhu Transformator 1 GI Bandung Utara (°C)</b>								
<b>Tgl</b>	<b>Jam 10.00</b>		<b>Jam 14.00</b>		<b>Jam 17.00</b>		<b>Jam 19.00</b>	
	<b>Hot Spot</b>	<b>Oil</b>	<b>Hot Spot</b>	<b>Oil</b>	<b>Hot Spot</b>	<b>Oil</b>	<b>Hot Spot</b>	<b>Oil</b>
1	53	55	53	55	49	51	52	54
2	54	56	60	62	60	62	60	64
3	56	58	60	62	60	62	60	64
4	57	59	62	64	63	65	63	65
5	56	58	58	62	60	64	64	63
6	56	58	62	64	63	65	63	65
7	58	60	62	64	62	64	60	62
8	58	60	56	58	64	66	64	66
9	60	63	60	62	60	62	60	62
10	59	61	60	62	62	64	63	65
11	58	60	54	56	66	68	65	65
12	58	60	62	64	63	65	60	62
13	58	60	60	62	60	62	58	60
14	54	56	58	60	60	63	62	64
15	60	63	62	65	60	62	61	63
16	56	58	60	62	61	63	62	64
17	58	60	62	64	62	66	64	66
18	58	60	60	62	62	64	64	66
19	58	60	60	62	61	63	61	63
20	55	57	59	61	60	62	60	62
21	57	59	60	62	60	62	60	62
22	55	57	59	61	58	60	54	56
23	54	56	59	61	60	63	54	56
24	57	59	58	60	58	60	57	59
25	52	54	58	60	58	60	60	62
26	55	57	60	62	60	63	60	64
27	55	57	60	62	60	63	60	62
28	54	56	60	62	60	62	62	64
29	56	58	59	62	61	63	61	64
30	55	57	59	66	61	63	61	63
31	60	62	67	69	63	65	60	62

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini, terdapat beberapa tahapan yang disusun dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan penjelasan dari tahapan yang dilakukan, yaitu:

#### 1. Pengambilan Data

Parameter data yang digunakan pada penelitian kali ini telah ditentukan berdasarkan penyebab kenaikan suhu pada belitan dan minyak isolasi transformator. Data – data tersebut berupa rasio rugi–rugi, nilai eksponen minyak dan belitan, konstanta minyak dan belitan, suhu lingkungan, suhu pada top – oil dan suhu hot - spot. Perhitungan Rasio rugi-rugi ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{\text{Rugi Tembaga pada Kapasitas Daya}}{\text{Rugi Beban Nol}} \dots\dots\dots 3.1$$

#### 2. Perhitungan Faktor Beban

Faktor beban merupakan perbandingan antara beban rata-rata terhadap permintaan puncak (peak demand) yang dapat dihitung dalam waktu harian, bulanan dan tahunan. Maka faktor beban ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Faktor Beban} = \frac{\text{Beban Rata-rata}}{\text{Beban Puncak}} \dots\dots\dots 3.2$$

#### 3. Perhitungan Kenaikan Awal Top Oil dan Hot Spot

Perhitungan kenaikan awal pada Top Oil dan Hot Spot maka dapat dilakukan dengan cara memasukkan parameter-parameter yang telah ditentukan berupa Faktor beban, rasio rugi-rugi, eksponen minyak dan eksponen belitan, kenaikan pada suhu top-oil ranting beban dan kenaikan pada hot-spot ranting beban.

Kenaikan awal yang terjadi pada suhu top oil merupakan faktor arus beban, maka ditetapkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\theta_{TO,i} = \Delta\theta_{TO,R} \left( \frac{1+RK^2}{1+R} \right)^n \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana:

$\Delta\theta_{TO}$  = Kenaikan suhu *Top-Oil* melebihi suhu lingkungan °C

$\Delta\theta_{TO,R}$  = Kenaikan suhu *Top-Oil* saat beban penuh

R = Rasio beban bunga terhadap beban terukur

K = Rasio kehilangan beban pada beban terukur dengan kehilangan tanpa beban

Kenaikan awal pada suhu hot spot merupakan faktor arus beban, maka ditetapkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\theta_{H,i} = (\Delta\theta_{H,R})(K^{2y}) \dots\dots\dots 3.4$$

#### 4. Perhitungan Kenaikan suhu Top Oil dan Hot Spot

Parameter yang digunakan pada penelitian ini merupakan perhitungan dari kenaikan awal suhu *Top-Oil* dan *Hot-Spot*, konstanta *top-oil* dan *hot-spot*.

Kenaikan suhu top oil secara langsung tentunya mempengaruhi dan berkaitan dengan arus beban dan karakteristik *thermal* transformator, maka ditetapkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\theta_{TO} = (\Delta\theta_{TO,u} - \Delta\theta_{TO,i})(1 - e^{-\frac{1}{\tau TO}}) + \Delta\theta_{TO,i} \dots\dots\dots 3.5$$

Kenaikan suhu pada hot spot belitan tergantung pada beban transformator dan karakteristik *thermal* transformator, ditetapkan dengan rumus berikut:

$$\Delta\theta_H = (\Delta\theta_{H,u} - \Delta\theta_{H,i})(1 - e^{-\frac{1}{\tau w}}) + \Delta\theta_{H,i} \dots\dots\dots 3.6$$

Dimana:

$\Delta\theta_{H,u}$  = Kenaikan akhir suhu Hot-Spot

$\Delta\theta_{H,i}$  = Kenaikan awal suhu *Hot-Spot*

$\tau$  = Waktu konstan belitan

#### 5. Perhitungan Total Suhu *Hot-Spot*

Suhu pada *hot-spot* akan tergantung pada suhu lingkungan dan total suhu *top-oil* pada transformator, maka dari itu ditetapkan rumus sebagai berikut:

Total suhu titik-panas:

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{TO} + \Delta\theta_H \dots\dots\dots 3.7$$

#### 6. Menentukan Faktor Penuaan Transformator, % sisa hidup transformator dan harapan hidup transformator.

Menentukan Faktor Laju Penuaan Isolasi

$$F_{AA} = \frac{dL}{dT} = e^{[39,164 - \frac{15,000}{\theta_c + 273}]} \dots\dots\dots 3.8$$

Menentukan Faktor Susut Umur Transformator (Loss of Life)

$$F_{EQA} = \frac{1}{T} \int_0^T F_{AA} dt \dots\dots\dots 3.9$$

Setelah mendapatkan nilai  $F_{EQA}$ , maka dapat dihitung nilai persentase pengurangan umur pada transformator dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ susut umur transformator} = \frac{F_{EQA} \times T}{Umur Normal} \times 100 \dots\dots\dots 3.10$$

$$\text{Maka sisa umur transformator} = \frac{\text{Umur Dasar}-2}{\% \text{ susut umur}} \dots\dots\dots 3.11$$

Pada saat melakukan kajian dan perhitungan sisa umur transformator dengan metode degradasi isolasi diperlukan tahapan-tahapan untuk membantu dalam proses perhitungan ditunjukkan pada gambar 3.2

### 3.5 Transformator Daya di GI Bandung Utara PT PLN (Persero)

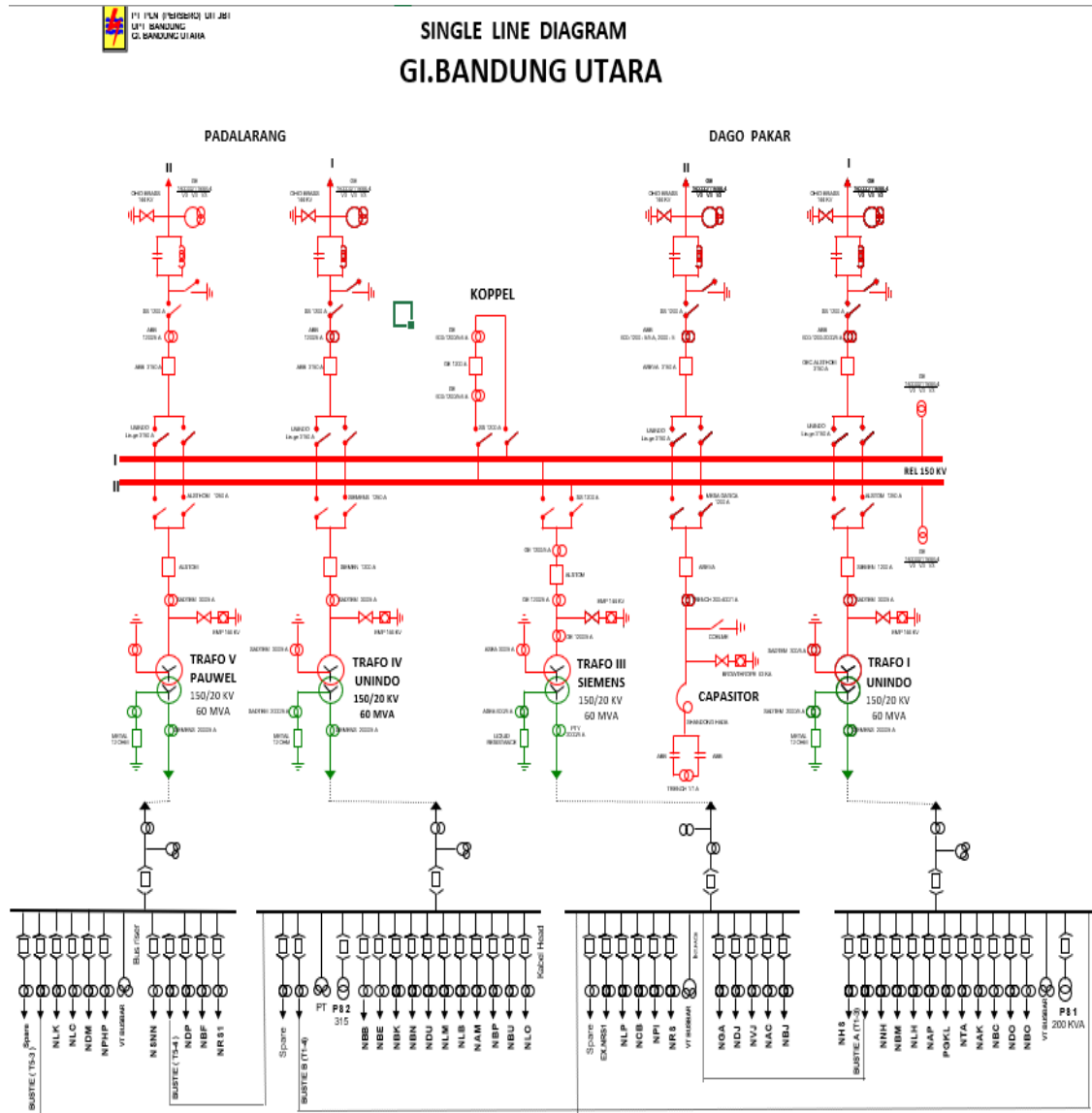
Pada Gardu Induk Bandung Utara, terdapat 4 unit transformator daya yang dioperasikan guna menyalurkan daya yang berkapasitas 60 MVA. Berikut merupakan spesifikasi dari transformator daya pada gardu induk Bandung Utara PT PLN (PERSERO).

Tabel 3.3 Transformator yang digunakan Gardu Induk Bandung Utara

Transformator	I	III	IV	V
Merek	UNINDO	SIEMEN	UNINDO	CG
Type	TTH.Rv	TLSN 7852	TTH.Rv	ORV 60/275
Reference Power (MVA)	60			
Cooling	ONAN/ONAF			
Frequency (Hz)	50			
Phases	3			
Winding Temp. Alarm (°C)	90	105	100	111
Winding Temp. Trip (°C)	100	115	114	120
Oil Temp. Alarm (°C)	150	128	128	88
Oil Temp. Trip (°C)	150	134	134	106

### 3.6 Single Line Diagram GI Bandung Utara PT PLN (PERSERO)

Single line diagram pada Gardu Induk Bandung Utara ditunjukkan oleh gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Single Line Diagram Gardu Induk Bandung Utara

Ruly Nuraliman, 2019

ANALISIS PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR 60 MVA 150/20 KV MENGGUNAKAN METODE DEGRADASI ISOLASI DI GARDU INDUK BANDUNG UTARA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu