

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai perhitungan dari suhu perbandingan antara bagian klem dan juga bagian konduktor kemudian dihitung nilai emisivitas dari bagian klem dan konduktor tersebut sehingga dapat diuji dan dianalisis validasi nilai dari hasil pengukuran menggunakan thermovisi yang sudah dilakukan.

4.1. Perhitungan Suhu Perbandingan Klem dan Konduktor

Pengukuran dan pengambilan data thermovisi dilaksanakan oleh teknisi yang berada di Gardu Induk 150 kV Pedan yang dilakukan satu kali dalam satu bulan. Untuk titik pengukuran yang dilakukan adalah pada bagian bay penghantar, bay transformator, bay kapasitor dan bay reactor. Adapun titik yang akan dilakukan analisis thermovisinya dilakukan pengukuran menggunakan persamaan kriteria ΔT (Delta-T) adalah pada bagian titik sambungan yaitu pada bagian klem dan bagian konduktor. Maka dari itu penulis menganalisis data sambungan pada bagian klem dan bagian konduktor pada bay di trafo 1, trafo 2, dan trafo 3. Data yang digunakan untuk dianalisis adalah data dari pengukuran thermovisi pada bulan Januari 2019, hal ini dikarenakan data pada bulan Januari 2019 adalah data terbaru dan belum ada pengukuran ulang yang dilakukan untuk bulan selanjutnya, dan juga penulis melakukan penelitian pada bulan Februari 2019. Di Gardu Induk 150 kV Pedan menggunakan alat ukur Merk SATIR D300.

Pada saat dilakukannya wawancara dengan salah satu teknisi, penulis mendapatkan informasi bahwa perekapan dari data thermovisi di Gardu Induk 150 kV Pedan masih kurang baik. Hal ini dikarenakan pada perekapan data dari hasil thermovisi di tahun 2018 ditemuan bahwasannya perekapan dari hasil thermovisi hanya dilakukan 2 kali dalam setahun, seharusnya data yang di rekap harus berbeda disetiap bulannya bukan sama. Hal ini dikarenakan teknisi dilapangan hanya merekap bagian klem dan juga bagian konduktor yang telah terjadi peningkatan suhu / hotpoint saja dan selanjutnya akan

dilakukan pengecekan lebih lanjut terhadap bagian yang mengalami anomali untuk dilakukan perbaikan tindak lanjut.



Gambar 4.1. Bay Trafo Gardu Induk 150 kV Pedan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Untuk mengetahui nilai selisih suhu dari bagian klem dan bagian konduktor maka akan dijabarkan perhitungan nilai perbandingan antara suhu klem dan konduktor dengan menggunakan persamaan dari kriteria ΔT (Delta-T), ada beberapa sampel yang diambil dari setiap data thermovisi pada bay trafo 1, bay trafo 2, dan bay trafo 3 antara lain sebagai berikut:

A. Bay Trafo 1

1. Center Tap Bushing Primer Phasa R

$$= \left(\frac{163 \text{ A}}{152 \text{ A}} \right)^2 \cdot (33^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) = 6,9^\circ\text{C}$$

2. Center Tap Bushing Sekunder Phasa R

$$= \left(\frac{833 \text{ A}}{723 \text{ A}} \right)^2 \cdot (32^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 2,6^\circ\text{C}$$

3. Body Bushing Primer Phasa R

$$= \left(\frac{163 \text{ A}}{152 \text{ A}} \right)^2 \cdot (32^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) = 5,7^\circ\text{C}$$

4. Body Bushing Sekunder Phasa R

$$= \left(\frac{833 \text{ A}}{723 \text{ A}} \right)^2 \cdot (34^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 5,3^\circ\text{C}$$

5. Terminal Bushing Primer Phasa R

$$= \left(\frac{163 \text{ A}}{152 \text{ A}} \right)^2 \cdot (29^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}) = 3,4^\circ\text{C}$$

6. Terminal Bushing Sekunder Phasa R

$$= \left(\frac{833 \text{ A}}{723 \text{ A}} \right)^2 \cdot (29^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C}) = -2,6^\circ\text{C}$$

B. Bay Trafo 2

1. Center Tap Bushing Primer Phasa S

$$= \left(\frac{202 \text{ A}}{170 \text{ A}} \right)^2 \cdot (33^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) = 8,5^\circ\text{C}$$

2. Center Tap Bushing Sekunder Phasa R

$$= \left(\frac{852 \text{ A}}{822 \text{ A}} \right)^2 \cdot (31^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 1,1^\circ\text{C}$$

3. Body Bushing Primer Phasa T

$$= \left(\frac{202 \text{ A}}{170 \text{ A}} \right)^2 \cdot (34^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 12,7^\circ\text{C}$$

4. Body Bushing Sekunder Phasa S

$$= \left(\frac{852 \text{ A}}{822 \text{ A}} \right)^2 \cdot (32^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}) = 3,2^\circ\text{C}$$

5. Terminal Bushing Primer Phasa T

$$= \left(\frac{202 \text{ A}}{170 \text{ A}} \right)^2 \cdot (31^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}) = 2,8^\circ\text{C}$$

6. Terminal Bushing Sekunder Phasa S

$$= \left(\frac{852 \text{ A}}{822 \text{ A}} \right)^2 \cdot (33^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}) = 5,4^\circ\text{C}$$

C. Bay Trafo 3

1. Center Tap Bushing Primer Phasa T

$$= \left(\frac{136 \text{ A}}{115 \text{ A}} \right)^2 \cdot (28^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) = 7^\circ\text{C}$$

2. Center Tap Bushing Sekunder Phasa T

$$= \left(\frac{869 \text{ A}}{744 \text{ A}} \right)^2 \cdot (28^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}) = -1,4^\circ\text{C}$$

3. Body Bushing Primer Phasa T

$$= \left(\frac{136 \text{ A}}{115 \text{ A}} \right)^2 \cdot (26^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}) = -4,2^\circ\text{C}$$

4. Body Bushing Sekunder Phasa T

$$= \left(\frac{869 \text{ A}}{744 \text{ A}} \right)^2 \cdot (35^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) = 10,9^\circ\text{C}$$

5. Terminal Bushing Primer Phasa R

$$= \left(\frac{136 \text{ A}}{115 \text{ A}} \right)^2 \cdot (28^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) = 2^\circ\text{C}$$

6. Terminal Bushing Sekunder Phasa S

$$= \left(\frac{869 \text{ A}}{744 \text{ A}} \right)^2 \cdot (28^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}) = -1,4^\circ\text{C}$$

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, pengukuran thermovisi dilakukan dengan menggunakan alat Thermo Imagers SATIR D300. Nilai-nilai yang diinput merupakan sebagian hasil dari pengukuran secara langsung dan juga sebagiannya lagi dengan menggunakan software SATIR V2.5.6. Berikut ini adalah table dari hasil thermovisi pada bay trafo 1 dengan menggunakan alat thermovisi Satir D300 di Gardu Induk 150 kV Pedan pada bulan Januari 2019 :

Tabel 4.1. Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 1

No.	Obyek / instalasi	Arus Tertinggi	Arus Saat	Suhu	Suhu	Selisih Suhu	Tindak Lanjut
		yang pernah	Saat	Klem	Konduktor	Klem Terhadap	
		dicapai	Shooting	Saat Shooting	Saat Shooting	Konduktor	
		I_m (A)	I_s (A)	T_{kls} (C ⁰)	T_{kds} (C ⁰)	Delta Tm.	
		a	b	c	d	e	(C ⁰)
1	<u>Bay Trafo 1</u>						
	- Center Tap Bushing Primer Phasa R	163	152	33	27	6,9	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Phasa S	163	152	33	27	6,9	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Phasa T	163	152	29	25	4,6	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	833	723	32	30	2,6	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	833	723	31	27	5,3	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	833	723	32	29	3,9	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Phasa R	163	152	32	27	5,7	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Phasa S	163	152	30	26	4,6	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Phasa T	163	152	33	27	6,9	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Phasa R	833	723	34	30	5,3	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Phasa S	833	723	35	25	13,2	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body Bushing Sekunder Phasa T	833	723	36	27	11,9	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Terminal Bushing Primer Phasa R	163	152	29	26	3,4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Phasa S	163	152	30	27	3,4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Phasa T	163	152	34	29	5,7	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Phasa R	833	723	29	31	-2,6	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Phasa S	833	723	28	29	-1,3	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Phasa T	833	723	31	30	1,3	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating 20 kV Phasa R	833	723	33	29	5,3	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating 20 kV Phasa S	833	723	31	29	2,6	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating 20 kV Phasa T	833	723	29	30	-1,3	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa R	833	723	28	33	-6,6	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa S	833	723	29	29	0	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa T	833	723	28	32	-5,3	KONDISI BAIK

Tabel 4.2. Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 2

No.	Obyek / instalasi	Arus Tertinggi	Arus Saat	Suhu	Suhu	Selisih Suhu	Tindak Lanjut
		yang pernah	Shooting	Klem	Konduktor	Klem Terhadap	
		dicapai		Saat Shooting	Saat Shooting	Konduktor	
		$I_m (A)$	$I_s (A)$	$T_{kls} (C^o)$	$T_{kds} (C^o)$	$\Delta T (C^o)$	
		a	b	c	d	e	
2	Bay Trafo 2						
	- Center Tap Bushing Primer Fasa R	202	170	32	28	5,6	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Fasa S	202	170	33	27	8,5	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Fasa T	202	170	29	26	4,2	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Fasa R	852	822	31	30	1,1	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Fasa S	852	822	32	27	5,4	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Fasa T	852	822	32	29	3,2	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Fasa R	202	170	35	27	11,3	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body Bushing Primer Fasa S	202	170	33	26	9,9	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Fasa T	202	170	34	25	12,7	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body Bushing Sekunder Fasa R	852	822	34	29	5,4	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Fasa S	852	822	32	29	3,2	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Fasa T	852	822	34	30	4,3	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Fasa R	202	170	29	26	4,2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Fasa S	202	170	30	27	4,2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Fasa T	202	170	31	29	2,8	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Fasa R	852	822	33	29	4,3	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Fasa S	852	822	34	29	5,4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Fasa T	852	822	31	28	3,2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Netral 150 kV	202	170	28	27	1,4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Netral 20 kV	852	822	69	30	42,2	PERBAIKAN SEGERA
	- Sepatu Kabel Terminating 20 kV Fasa R	852	822	34	30	4,3	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating 20 kV Fasa S	852	822	31	29	2,2	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating 20 kV Fasa T	852	822	31	28	3,2	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa R	852	822	32	31	1,1	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa S	852	822	33	29	4,3	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa T	852	822	33	30	3,2	KONDISI BAIK

Tabel 4.3. Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 3

No.	Obyek / instalasi	Arus Tertinggi		Suhu	Suhu	Selisih Suhu	Tindak Lanjut (C ⁰)
		yang pernah	Arus Saat	Klem	Konduktor	Klem Terhadap	
		dicapai	Shooting	Saat Shooting	Saat Shooting	Konduktor	
		I _m (A)	I _s (A)	T _{kls} (C ⁰)	T _{kds} (C ⁰)	Delta Tm. ΔT (C ⁰)	
		a	b	c	d	e	
3	Bay Trafo 3						
	- Center Tap Bushing Primer Phasa R	136	115	29	25	5,6	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Phasa S	136	115	29	27	2,8	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Phasa T	136	115	28	23	7	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	869	744	30	28	2,7	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	869	744	31	28	4,1	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	869	744	28	29	-1,4	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Phasa R	136	115	29	27	2,8	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Phasa S	136	115	26	26	0	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Phasa T	136	115	26	29	-4,2	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Phasa R	869	744	31	30	1,4	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Phasa S	869	744	27	29	-2,7	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Phasa T	869	744	35	27	10,9	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Terminal Bushing Primer Phasa R	163	115	28	27	2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Phasa S	163	115	27	27	0	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Phasa T	163	115	31	29	4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Phasa R	869	744	29	31	-2,7	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Phasa S	869	744	28	29	-1,4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Phasa T	869	744	31	30	1,4	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa R	869	744	27	27	0	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa S	869	744	31	28	4,1	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa T	869	744	29	27	2,7	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa R	869	744	28	33	-6,8	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa S	869	744	26	32	-8,2	KONDISI BAIK
	- Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa T	869	744	29	28	1,4	KONDISI BAIK

Pada kolom (e) yaitu selisih suhu klem terhadap konduktor merupakan hasil dari perhitungan perbandingan antara suhu bagian klem dan juga suhu bagian konduktor dengan menggunakan persamaan ΔT (Delta-T), hasil perhitungan dari perbandingan suhu ini telah dibulatkan jadi ketika nilai 2 angka setelah angka desimal lebih besar dari 5 maka akan dibulatkan menjadi 1 ($0,5 \geq 1$). Dapat dilihat dari table 4.1. bahwasannya kondisi peralatan pada bay trafo 1 hampir semuanya dalam keadaan “Kondisi Baik” tetapi ada beberapa titik yang mengalami kenaikan suhu diatas kondisi normal yaitu pada bagian Body Bushing Sekunder Phasa S dan Body Bushing Sekunder Phasa T disini selisih suhu yang yang terhitung adalah sebesar $13,2^{\circ}\text{C}$ dan $11,9^{\circ}\text{C}$ dimana ketika nilai yang terhitung melebihi suhu kondisi normal maka akan merubah kondisinya menjadi “Ukur 1 Bulan Lagi” sesuai dengan parameter yang digunakan.

Pada table 4.2. diatas dapat dilihat hasil dari thermovisi pada peralatan di bay trafo 2. Dimana pada bay trafo 2 terdapat beberapa titik yang mengalami kondisi abnormal. Diantaranya ada 3 bagian yang mengalami kondisi abnormal seperti pada bagian Body Bushing Primer Phasa R, Body Bushing Primer Phasa T dan Terminal Bushing Netral 20 kV. Selisih suhu yang dicapai pada Body Bushing Primer Phasa R adalah sebesar $11,3^{\circ}\text{C}$ dan Body Bushing Primer Phasa T sebesar $12,7^{\circ}\text{C}$ dimana ketika suhu melebihi batas normal maka akan merubah kondisinya menjadi “Ukur 1 Bulan Lagi”. Untuk suhu pada bagian Terminal Bushing Netral 20 kV suhu yang terhitung sebesar $42,2^{\circ}\text{C}$ maka tindak lanjut yang harus dilakukan adalah “Perbaiki Segera” dan dapat dikatakan peralatan pada bagian ini mengalami kerusakan yang cukup parah karena nilai suhu peralatan saat dilakukan thermovisi adalah sebesar 69°C .

Pada table 4.3. menunjukan hasil dari thermovisi pada peralatan bay trafo 3, dimana hampir keseluruhan peralatan dalam keadaan “Kondisi Baik” tetapi terdapat 1 titik yang mengalami kondisi melewati batas normal yaitu pada bagian Body Bushing Sekunder Phasa T. Selisih suhu yang terhitung

sebesar 10,9°C. peralatan yang menunjukkan suhu yang melebihi suhu batas normal maka akan dilakukan tindak lanjut “Ukur 1 Bulan Lagi”.

Menurut table-tabel diatas, jika dibandingkan dengan data hasil thermovisi pada bulan Juli 2018, hasilnya menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada selisih suhu bagian klem dan juga bagian konduktor, hal ini dikarenakan arus pada peralatan di bay trafo Gardu Induk semakin bertambah tinggi setiap bulannya sehingga panas yang dihasilkan pada bagian klem dan konduktor juga akan semakin tinggi.

4.2. Perhitungan Nilai Emisivitas

Pengukuran suhu pada suatu material, digunakan alat thermo imaginers yang terlebih dulu harus dilakukan pengaturan nilai emisivitasnya sesuai dengan jenis material yang digunakan. Namun pengaturan yang dilakukan semata-mata hanya untuk pengaturan alat ukur tersebut mengetahui benda apa yang akan diukur dan seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa nilai emisivitas suatu material nilainya tidak selalu sama, dikarenakan nilai emisivitas akan berpengaruh terhadap faktor lain sehingga nilai emisivitas yang real dihasilkan berbeda dengan nilai emisivitas tetapan material.

Untuk menganalisis nilai dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode validasi, maka diperlukan salah satu variable yang dibutuhkan yaitu Coeffisien Variation. Nilai emisivitas yang didapatkan dari hasil perhitungan akan dijadikan Coeffisien Variation karena nilai emisivitas yang didapatkan tidak selalu sama walaupun material yang diukur memiliki jenis material yang sama yaitu jenis Alumunium. Dikarenakan data dari nilai emisivitas pada titik pengukuran tidak dilakukan perekapan oleh teknisi pada Gardu Induk 150 kV Pedan, maka untuk mendapatkan nilai emisivitas dari material dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus dari Hukum Stefan Boltzman tentang perpindahan kalor radiasi. Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai emisivitas adalah sebagai berikut:

$$P = e \cdot \sigma \cdot T^4 \rightarrow e = \frac{P}{\sigma \cdot T^4}$$

Dimana:

P = energy thermal conductivity (Alumunium = 237 W/m.K)

e = Emisivitas

σ = konstanta Stefan Boltzman = $5,672 \times 10^{-8}$ Watt m⁻² K⁻⁴

T = Suhu Mutlak (K)

Dibawah ini merupakan contoh penjabaran perhitungan nilai emisivitas yang diambil dari 6 sample suhu dari setiap data pada bay trafo 1, bay trafo 2, bay trafo 3 pada bulan januari 2019 adalah sebagai berikut:

- Nilai Emisivitas Suhu 28

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 301,15^{\circ}K} = 0,5080$$

- Nilai Emisivitas Suhu 30

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 303,15^{\circ}K} = 0,4947$$

- Nilai Emisivitas Suhu 32

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 305,15^{\circ}K} = 0,4819$$

- Nilai Emisivitas Suhu 34

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 307,15^{\circ}K} = 0,4695$$

- Nilai Emisivitas Suhu 36

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 309,15^{\circ}K} = 0,4574$$

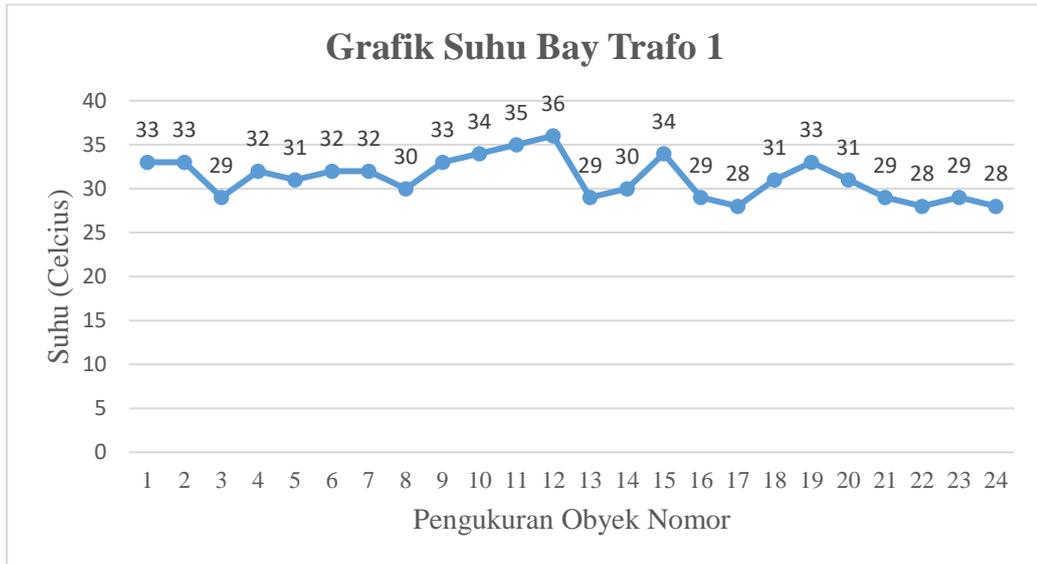
- Nilai Emisivitas Suhu 69

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 342,15^{\circ}K} = 0,3049$$

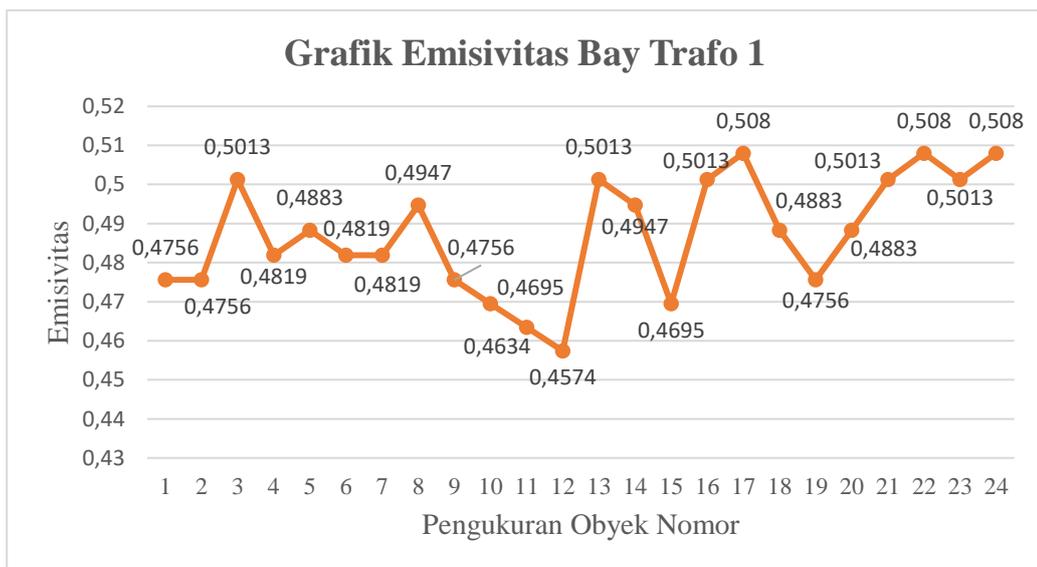
Pada table dan grafik dibawah ini menunjukkan hasil dari perhitungan nilai emisivitas dan hasil dari pengukuran suhu dengan menggunakan thermovisi pada bay trafo 1, bay trafo 2, bay trafo 3. Gardu induk 150 kV Pedan pada bulan Januari 2019.

Tabel 4.4. Nilai Emisivitas bay Trafo 1

No.	Nama Obyek	Suhu Klem saat Shooting (°C)	Nilai Emisivitas
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	33	0,4756
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	33	0,4756
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	29	0,5013
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	32	0,4819
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	31	0,4883
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	32	0,4819
7	Body Bushing Primer Phasa R	32	0,4819
8	Body Bushing Primer Phasa S	30	0,4947
9	Body Bushing Primer Phasa T	33	0,4756
10	Body Bushing Sekunder Phasa R	34	0,4695
11	Body Bushing Sekunder Phasa S	35	0,4634
12	Body Bushing Sekunder Phasa T	36	0,4574
13	Terminal Bushing Primer Phasa R	29	0,5013
14	Terminal Bushing Primer Phasa S	30	0,4947
15	Terminal Bushing Primer Phasa T	34	0,4695
16	Terminal Bushing Sekunder Phasa R	29	0,5013
17	Terminal Bushing Sekunder Phasa S	28	0,5080
18	Terminal Bushing Sekunder Phasa T	31	0,4883
19	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa R	33	0,4756
20	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa S	31	0,4883
21	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa T	29	0,5013
22	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa R	28	0,5080
23	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa S	29	0,5013
24	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa T	28	0,5080
	Rata-rata	31	0,4872



Gambar 4.2. Grafik suhu bay Trafo 1



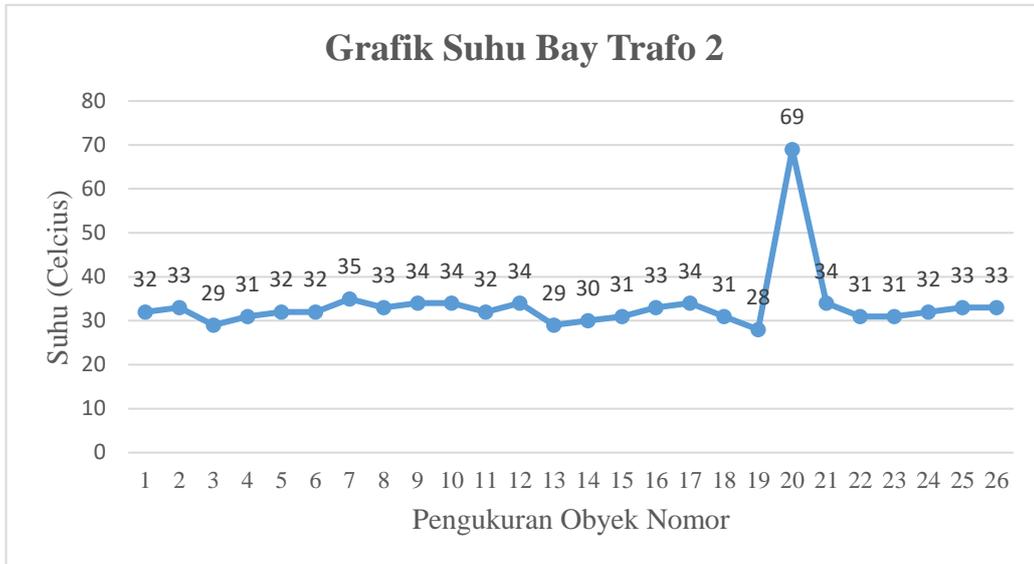
Gambar 4.3. Grafik emisivitas bay Trafo 1

Kondisi dari suhu bagian klem pada tabel bay trafo 1 semuanya dalam keadaan baik. Terlihat pada grafik bay trafo 1 bahwasannya suhu yang terukur tidak terlalu memiliki selisih yang besar. Suhu tertinggi yang terukur pada trafo 1 adalah sebesar 36°C yang terdapat pada pengukuran objek nomor 12. Dan untuk suhu terendah yang terukur pada bay trafo 1 adalah sebesar 28°C yang terdapat pada pengukuran objek nomor 17, 22, dan 24. Suhu rata-rata yang terdapat pada bagian klem adalah sebesar 31°C. Berbanding terbalik dengan pengukuran suhu

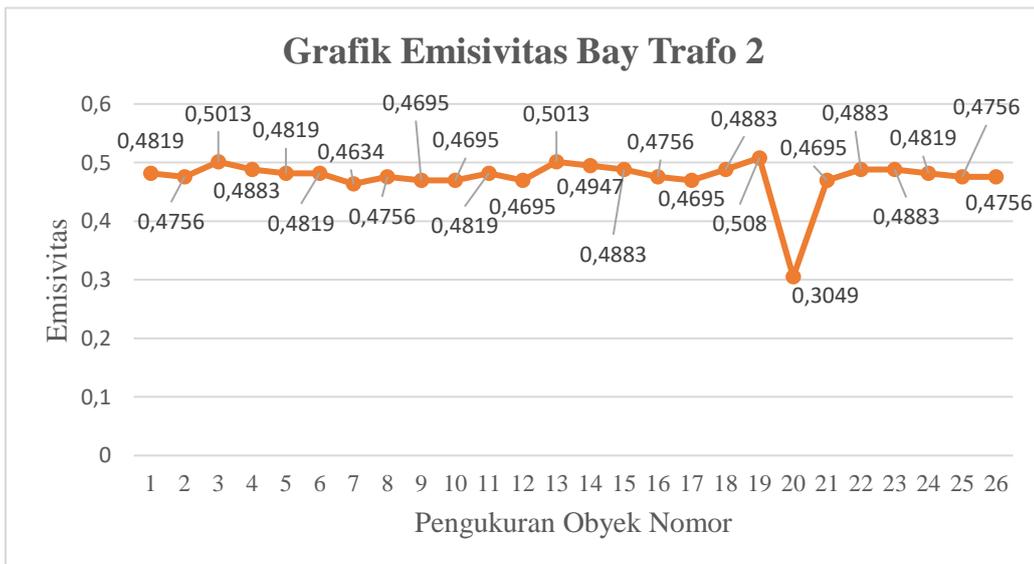
untuk nilai emisivitas yang terhitung pada bay trafo 1 memiliki nilai emisivitas yang beragam, dapat terlihat pada grafik emisivitas bay trafo 1 bahwasannya nilai emisivitas terkecil dari hasil perhitungann terdapat pada pengukuran objek nomor 12 dengan nilai emisivitas sebesar 0,4574 dan untuk nilai emisivitas terbesar yang diperoleh dari hasil perhitungan terdapat pada pengukuran objek nomor 17, 22, dan 24. Nilai emisivitas rata-rata yang dihasilkan dari perhitungan pada bay trafo 1 adalah sebesar 0,4872 dari perhitungan juga menunjukkan nilai emisivitas yang hampir mendekati dari nilai parameter yang digunakan untuk nilai emisivitas pada logam alummunium conductor galvanized steel reinforced yaitu sebesar 0,5. Nilai emisivitas jika dilihat secara visual dari gafik terdapat fluktuasi tinggi rendahnya nilai emisivitas yang terukur. hal ini dikarenakan suhu yang terukur berbeda-beda maka nilai emisivitas akan mengikuti dari suhu yang terukur.

Tabel 4.5. Nilai Emisivitas bay Trafo 2

No.	Nama Obyek	Suhu Klem saat Shooting (°C)	Nilai Emisivitas
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	32	0,4819
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	33	0,4756
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	29	0,5013
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	31	0,4883
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	32	0,4819
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	32	0,4819
7	Body Bushing Primer Phasa R	35	0,4634
8	Body Bushing Primer Phasa S	33	0,4756
9	Body Bushing Primer Phasa T	34	0,4695
10	Body Bushing Sekunder Phasa R	34	0,4695
11	Body Bushing Sekunder Phasa S	32	0,4819
12	Body Bushing Sekunder Phasa T	34	0,4695
13	Terminal Bushing Primer Phasa R	29	0,5013
14	Terminal Bushing Primer Phasa S	30	0,4947
15	Terminal Bushing Primer Phasa T	31	0,4883
16	Terminal Bushing Sekunder Phasa R	33	0,4756
17	Terminal Bushing Sekunder Phasa S	34	0,4695
18	Terminal Bushing Sekunder Phasa T	31	0,4883
19	Terminal Bushing Netral 150 kV	28	0,5080
20	Terminal Bushing Netral 20 kV	69	0,3049
21	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa R	34	0,4695
22	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa S	31	0,4883
23	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa T	31	0,4883
24	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa R	32	0,4819
25	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa S	33	0,4756
26	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa T	33	0,4756
	Rata-rata	33	0,4750



Gambar 4.4. Grafik suhu bay Trafo 2



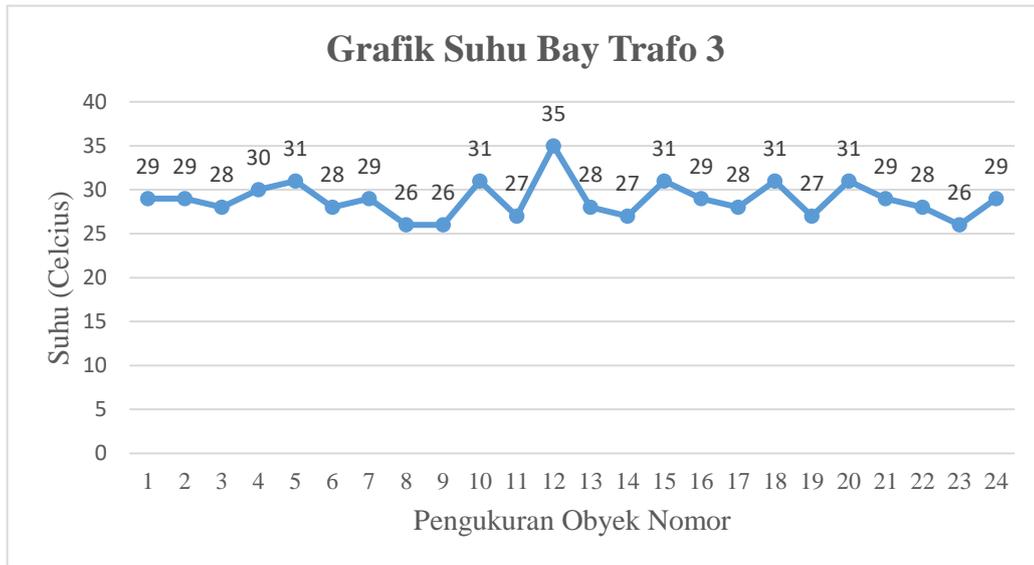
Gambar 4.5. Grafik Emisivitas bay Trafo 2

Pada tabel bay trafo 2 suhu yang terukur pada bagian klem saat shooting dapat dilihat secara visual dalam keadaan yang kurang baik. Terlihat pada grafik bay trafo 2 bahwasannya suhu yang terukur memiliki selisih yang cukup besar. Suhu tertinggi yang dicapai saat pengukuran pada bay trafo 2 adalah sebesar 69°C yaitu yang terdapat pada pengukuran objek nomor 20. Suhu tertinggi yang terukur dapat dikatakan suhu diatas normal. Dan untuk suhu terendah yang terukur pada bay trafo 2 adalah sebesar 28°C yang terdapat pada pengukuran objek nomor 19.

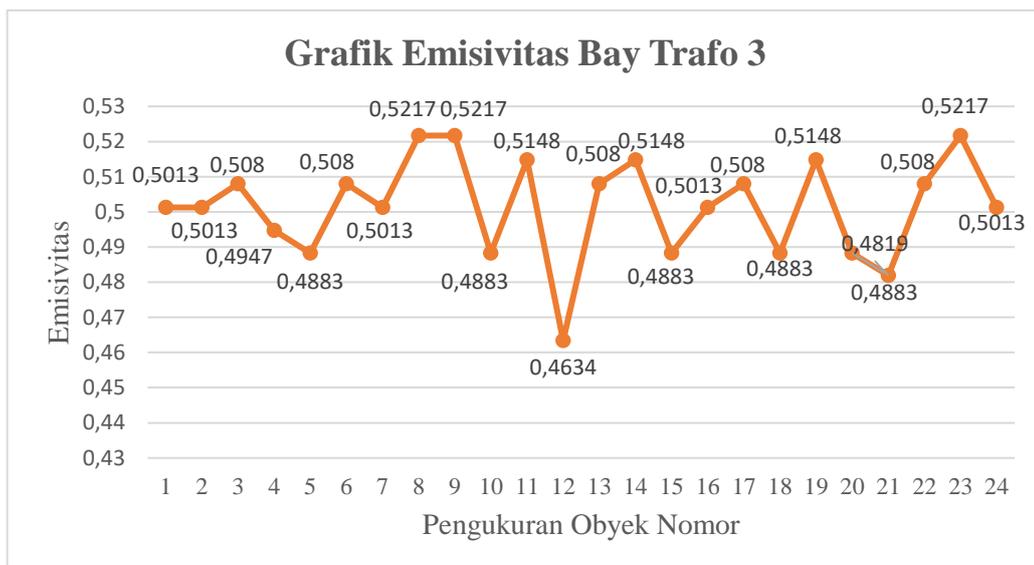
Suhu rata-rata yang terdapat pada bagian klem saat shooting adalah sebesar 33°C. Pada grafik emisivitas bay trafo 2 terlihat nilai emisivitas terbesar yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah sebesar 0,5080 terdapat pada pengukuran objek nomor 19. Nilai emisivitas terkecil yang didapatkan memiliki perbedaan jika dibandingkan dengan nilai emisivitas lainnya yaitu sebesar 0,3049 yang terdapat pada pengukuran objek nomor 20. Dilihat dari nilai emisivitas yang diperoleh dapat dikategorikan bagian dari objek pengukuran nomor 20 ini mengalami kerusakan yang cukup serius dan diperlukan tindakan perbaikan dengan segera. Untuk nilai emisivitas rata-rata yang dihasilkan pada bay trafo 2 adalah sebesar 0,4750. Secara visual dari grafik nilai emisivitas yang terukur terlihat stabil dan hanya saja terdapat 1 bagian yang mengalami kenaikan yang cukup tinggi yaitu pada suhu 69°C.

Tabel 4.6. Nilai Emisivitas bay Trafo 3

No.	Nama Obyek	Suhu Klem saat Shooting (°C)	Nilai Emisivitas
1	Center Tap Bushing Primer Fasa R	29	0,5013
2	Center Tap Bushing Primer Fasa S	29	0,5013
3	Center Tap Bushing Primer Fasa T	28	0,5080
4	Center Tap Bushing Sekunder Fasa R	30	0,4947
5	Center Tap Bushing Sekunder Fasa S	31	0,4883
6	Center Tap Bushing Sekunder Fasa T	28	0,5080
7	Body Bushing Primer Fasa R	29	0,5013
8	Body Bushing Primer Fasa S	26	0,5217
9	Body Bushing Primer Fasa T	26	0,5217
10	Body Bushing Sekunder Fasa R	31	0,4883
11	Body Bushing Sekunder Fasa S	27	0,5148
12	Body Bushing Sekunder Fasa T	35	0,4634
13	Terminal Bushing Primer Fasa R	28	0,5080
14	Terminal Bushing Primer Fasa S	27	0,5148
15	Terminal Bushing Primer Fasa T	31	0,4883
16	Terminal Bushing Sekunder Fasa R	29	0,5013
17	Terminal Bushing Sekunder Fasa S	28	0,5080
18	Terminal Bushing Sekunder Fasa T	31	0,4883
19	Sepatu Kabel Terminating 20 kV Fasa R	27	0,5148
20	Sepatu Kabel Terminating 20 kV Fasa S	31	0,4883
21	Sepatu Kabel Terminating 20 kV Fasa T	29	0,4819
22	Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa R	28	0,5080
23	Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa S	26	0,5217
24	Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa T	29	0,5013
	Rata-rata	29	0,5015



Gambar 4.6. Grafik Suhu bay Trafo 3



Gambar 4.7. Grafik Emisivitas bay Trafo 3

Kondisi dari suhu bagian klem saat shooting pada bay trafo 3 semuanya dapat dikatakan dalam keadaan baik dapat terlihat secara visual dari grafik suhu, bahwasannya suhu yang terukur memiliki selisih yang tidak begitu besar. Suhu tertinggi yang terukur pada trafo 3 adalah sebesar 35°C yang terdapat pada pengukuran objek nomor 12. Dan untuk suhu terendah yang terukur pada bay trafo 3 adalah sebesar 26°C yang terdapat pada pengukuran objek nomor 8, 9, dan 23. Suhu rata-rata yang terdapat pada bagian klem

adalah sebesar 29°C . Berbanding terbalik dengan pengukuran suhu untuk nilai emisivitas yang dihitung pada bay trafo 1 memiliki nilai emisivitas yang beragam, nilai emisivitas jika dilihat secara visual dari grafik terdapat fluktuasi tinggi rendahnya nilai emisivitas yang terukur. Hal ini dikarenakan suhu yang terukur berbeda-beda maka nilai emisivitas yang diperoleh juga akan berbeda dari suhu yang terukur. Dapat terlihat pada grafik emisivitas bay trafo 3 bahwasannya nilai emisivitas terkecil dari hasil perhitungannya terdapat pada pengukuran objek nomor 12 dengan nilai emisivitas sebesar 0,4634 dan untuk nilai emisivitas terbesar yang diperoleh dari hasil perhitungan terdapat pada pengukuran objek nomor 8, 9, dan 23 dengan nilai emisivitas sebesar 0,5217. Nilai emisivitas rata-rata yang dihasilkan dari perhitungan pada bay trafo 1 adalah sebesar 0,5015. Pada bay trafo 3 ini nilai emisivitas yang diperoleh sebesar 0,5015 yang artinya nilai rata-rata tersebut sudah sesuai dengan SRM dan dapat dikatakan peralatan pada bay trafo 3 dalam kondisi yang sangat baik.

Pengukuran diambil dari semua titik yaitu pada bay trafo 1 dan bay trafo 3 sebanyak 24 titik dan pada bay trafo 2 sebanyak 26 titik. Dari keseluruhan peralatan yang diukur suhu peralatan terendah adalah 26°C dengan nilai emisivitas sebesar 0,5217. Sedangkan untuk suhu peralatan tertinggi adalah 69°C dengan nilai emisivitas sebesar 0,3049. Jika semua nilai dibulatkan, maka semua nilai emisivitas yang didapat masih termasuk kedalam rentan suhu yang sesuai dengan SRM (emisivitas aluminium conductor galvanized steel reinforced 0,5) kecuali pada bagian titik yang mengalami kerusakan dengan suhu yang terukur sebesar 69°C .

Pada grafik-grafik yang terlihat dari suhu yang terukur dan nilai emisivitas yang didapatkan di atas, dapat diketahui kondisi yang dialami bagian klem dan bagian konduktor bahwasannya ketika suhu yang terukur semakin tinggi maka nilai emisivitas yang didapatkan akan semakin menurun, dan begitu juga sebaliknya apabila suhu yang terukur menurun, maka nilai emisivitas yang didapatkan akan semakin meningkat.

Maka dapat dinyatakan bahwa ketika suhu peralatan semakin tinggi, kemampuan untuk meradiasikan sinar inframerah dari alat ukur thermovisi akan semakin berkurang dikarenakan bahan dari bagian peralatan tidak dapat menyerap sinar inframerah dengan baik karena suhu permukaan peralatan yang panas.

4.3. Validasi Metode

Jika hasil dari perhitungan nilai emisivitas sudah didapatkan, maka metode selanjutnya yang harus dilakukan adalah uji validasi untuk menganalisis keakuratan dan presisi dari hasil pengukuran.

1.3.1 Uji Presisi

Uji presisi merupakan ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil pengukuran dengan yang dihitung berdasarkan nilai standard reference material (SRM). SRM yang digunakan pada uji presisi yaitu dengan menggunakan nilai emisivitas sebesar 0,5 yang dikeluarkan oleh Infrared Training Center of SATIR. Ltd. Persentase nilai presisi biasanya dinyatakan dengan menggunakan Coefficient of Variation (CV) dan Relative Standard Deviation (RSD). Jika CV dari perhitungan $< 2\%$ (kurang dari 2%) maka dapat dikatakan bahwa metode tersebut memberikan tingkat presisi yang baik.

Untuk pengujian tingkat presisi dari hasil pengukuran, maka dibutuhkan Coefficient of Variation (CV). Sample yang digunakan berjumlah 24 sampel pada masing-masing bay trafo. Coefficient of Variation (CV) akan didapatkan dari persamaan yang akan dijelaskan pada table-tabel dibawah ini.

Tabel 4.7. Perhitungan nilai Koefisien Variasi (CV) bay Trafo 1

No.	Nama Obyek	x	a	$(x-a)$	$(x-a)^2$
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	0,4756	0,4872	-0,0116	0,00013456
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	0,4756	0,4872	-0,0116	0,00013456
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	0,5013	0,4872	0,0141	0,00019881
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	0,4819	0,4872	-0,0053	0,00002809
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	0,4883	0,4872	0,0011	0,00000121
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	0,4819	0,4872	-0,0053	0,00002809
7	Body Bushing Primer Phasa R	0,4819	0,4872	-0,0053	0,00002809
8	Body Bushing Primer Phasa S	0,4947	0,4872	0,0075	0,00005625
9	Body Bushing Primer Phasa T	0,4756	0,4872	-0,0116	0,00013456
10	Body Bushing Sekunder Phasa R	0,4695	0,4872	-0,0177	0,00031329
11	Body Bushing Sekunder Phasa S	0,4634	0,4872	-0,0238	0,00056644
12	Body Bushing Sekunder Phasa T	0,4574	0,4872	-0,0298	0,00088804
13	Terminal Bushing Primer Phasa R	0,5013	0,4872	0,0141	0,00019881
14	Terminal Bushing Primer Phasa S	0,4947	0,4872	0,0075	0,00005625
15	Terminal Bushing Primer Phasa T	0,4695	0,4872	-0,0177	0,00031329
16	Terminal Bushing Sekunder Phasa R	0,5013	0,4872	0,0141	0,00019881
17	Terminal Bushing Sekunder Phasa S	0,5080	0,4872	0,0208	0,00043264
18	Terminal Bushing Sekunder Phasa T	0,4883	0,4872	0,0011	0,00000121
19	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa R	0,4756	0,4872	-0,0116	0,00013456
20	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa S	0,4883	0,4872	0,0011	0,00000121
21	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa T	0,5013	0,4872	0,0141	0,00019881
22	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa R	0,5080	0,4872	0,0208	0,00043264
23	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa S	0,5013	0,4872	0,0141	0,00019881
24	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa T	0,5080	0,4872	0,0208	0,00043264
	$\sum (x-a)^2$				0,000212986
	$SD = \sqrt{\frac{\sum (x-a)^2}{n-1}}$				0,003043068
	$CV = \frac{\text{Standard Devitition}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$				0,61%

Pada table 4.7. terlihat bahwa nilai rata-rata emisivitas dari bay trafo 1 yang diperoleh adalah sebesar 0,4872 dan untuk nilai tersebut sudah mendekati SRM sebesar 0,5. Untuk nilai Coeficient of Variation (CV) yang didapatkan dari bay trafo 1 adalah sebesar 0,60 % dimana jika nilai CV yang didapatkan < 2% menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan memiliki tingkat presisi yang bagus dan baik. Sehingga dapat dikatakan bahwasannya kualitas dari alat yang diukur pada bay trafo 1 masih dalam keadaan yang baik secara keseluruhannya.

Tabel 4.8. Perhitungan nilai Koefisien Variasi (CV) bay Trafo 2

No.	Nama Obyek	x	a	$(x - a)$	$(x - a)^2$
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	0,4819	0,4750	0,0069	0,00004761
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	0,4756	0,4750	0,0006	0,00000036
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	0,5013	0,4750	0,0263	0,00069169
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	0,4883	0,4750	0,0133	0,00017689
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	0,4819	0,4750	0,0069	0,00004761
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	0,4819	0,4750	0,0069	0,00004761
7	Body Bushing Primer Phasa R	0,4634	0,4750	-0,0116	0,00013456
8	Body Bushing Primer Phasa S	0,4756	0,4750	0,0006	0,00000036
9	Body Bushing Primer Phasa T	0,4695	0,4750	-0,0055	0,00003025
10	Body Bushing Sekunder Phasa R	0,4695	0,4750	-0,0055	0,00003025
11	Body Bushing Sekunder Phasa S	0,4819	0,4750	0,0069	0,00004761
12	Body Bushing Sekunder Phasa T	0,4695	0,4750	-0,0055	0,00003025
13	Terminal Bushing Primer Phasa R	0,5013	0,4750	0,0263	0,00069169
14	Terminal Bushing Primer Phasa S	0,4947	0,4750	0,0197	0,00038809
15	Terminal Bushing Primer Phasa T	0,4883	0,4750	0,0133	0,00017689
16	Terminal Bushing Sekunder Phasa R	0,4756	0,4750	0,0006	0,00000036
17	Terminal Bushing Sekunder Phasa S	0,4695	0,4750	-0,0055	0,00003025
18	Terminal Bushing Sekunder Phasa T	0,4883	0,4750	0,0133	0,00017689
19	Terminal Bushing Netral 150 kV	0,508	0,4750	0,033	0,001089
20	Terminal Bushing Netral 20 kV	0,3049	0,4750	-0,1701	0,02896904
21	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa R	0,4695	0,4750	-0,0055	0,00003025
22	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa S	0,4883	0,4750	0,0133	0,00017689
23	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Phasa T	0,4883	0,4750	0,0133	0,00017689
24	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa R	0,4819	0,4750	0,0069	0,00004761
25	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa S	0,4756	0,4750	0,0006	0,00000036
26	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Phasa T	0,4756	0,4750	0,0006	0,00000036
	$\sum (x - a)^2$				0,001278408
	$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - a)^2}{n - 1}}$				0,007150966
	$CV = \frac{\text{Standard Devitition}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$				1,43%

Pada table 4.8 nilai rata-rata emisivitas yang didapatkan sebesar 0,4750. Terlihat nilai emisivitas ini nilai yang paling rendah jika dibandingkan dengan nilai emisivitas pada bay trafo 1 dan bay trafo 3. Namun nilai emisivitas dari bay trafo 2 masih dapat dikatakan baik karena hampir mendekati nilai RSM. Begitu juga pada bay trafo 2 juga terlihat nilai Coeficient Variation (CV) yang terhitung jauh lebih besar jika dibandingkan dengan nilai CV bay trafo 1 yaitu sebesar 1,43%. Akan tetapi nilai Coeficient Variation (CV) dari bay trafo 2 memiliki tingkat presisi dalam kategori baik juga karna CV yang diperoleh < 2%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan nilai emisivitas yang didapatkan nilainya sangat beragam dan ada 1 titik peralatan yang mengalami kerusakan.

Tabel 4.9. Perhitungan nilai Koefisien Variasi (CV) bay Trafo 3

No.	Nama Obyek	x	α	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
1	Center Tap Bushing Primer Fasa R	0,5013	0,5015	-0,0002	0,00000004
2	Center Tap Bushing Primer Fasa S	0,5013	0,5015	-0,0002	0,00000004
3	Center Tap Bushing Primer Fasa T	0,508	0,5015	0,0065	0,00004225
4	Center Tap Bushing Sekunder Fasa R	0,4947	0,5015	-0,0068	0,00004624
5	Center Tap Bushing Sekunder Fasa S	0,4883	0,5015	-0,0132	0,00017424
6	Center Tap Bushing Sekunder Fasa T	0,5080	0,5015	0,0065	0,00004225
7	Body Bushing Primer Fasa R	0,5013	0,5015	-0,0002	0,00000004
8	Body Bushing Primer Fasa S	0,5217	0,5015	0,0202	0,00040804
9	Body Bushing Primer Fasa T	0,5217	0,5015	0,0202	0,00040804
10	Body Bushing Sekunder Fasa R	0,4883	0,5015	-0,0132	0,00017424
11	Body Bushing Sekunder Fasa S	0,5148	0,5015	0,0133	0,00017689
12	Body Bushing Sekunder Fasa T	0,4634	0,5015	-0,0381	0,00145161
13	Terminal Bushing Primer Fasa R	0,5080	0,5015	0,0065	0,00004225
14	Terminal Bushing Primer Fasa S	0,5148	0,5015	0,0133	0,00017689
15	Terminal Bushing Primer Fasa T	0,4883	0,5015	-0,0132	0,00017424
16	Terminal Bushing Sekunder Fasa R	0,5013	0,5015	-0,0002	0,00000004
17	Terminal Bushing Sekunder Fasa S	0,5080	0,5015	0,0065	0,00004225
18	Terminal Bushing Sekunder Fasa T	0,4883	0,5015	-0,0132	0,00017424
19	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Fasa R	0,5148	0,5015	0,0133	0,00017689
20	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Fasa S	0,4883	0,5015	-0,0132	0,00017424
21	Sepatu Kabel Therminating 20 kV Fasa T	0,4819	0,5015	-0,0196	0,00038416
22	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa R	0,5080	0,5015	0,0065	0,00004225
23	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa S	0,5217	0,5015	0,0202	0,00040804
24	Sepatu Kabel Therminating Kubikel Incoming 20 kV Fasa T	0,5013	0,5015	-0,0002	0,00000004
$\sum (x - a)^2$					0,000196644
$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - a)^2}{n - 1}}$					0,002923994
$CV = \frac{\text{Standard Devitition}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$					0,58%

Pada tabel 4.9. nilai rata-rata emisivitas yang didapatkan di bay trafo 3 memiliki nilai emisivitas yang paling baik jika dibandingkan dengan bay trafo 1 dan bay trafo 2. Nilai emisivitas yang didapatkan sebesar 0,5015 dan nilai Coeficient Variaton (CV) yang terhitung sebesar 0,58% dimana nilai CV yang diperoleh lebih besar jika dibandingkan dengan nilai CV yang diperoleh pada bay trafo 1 dan bay trafo 2, hal ini dapat dinyatakan bahwasannya hasil dari pengukuran pada bay trafo 3 memiliki presisi yang sangat bagus dan sangat

baik dikarenakan semakin kecil nilai CV yang dihasilkan maka presisi dari pengukuran juga akan semakin bagus dan baik.

Nilai emisivitas yang diperoleh dari perhitungan pada bay trafo 1, bay trafo 2, dan bay trafo 3 didapatkan nilai emisivitas yang sangat beragam dan ada juga nilai emisivitas yang lebih besar dari nilai Standard Reference Material (SRM). Banyak faktor yang menyebabkan nilai emisivitas dari suatu bahan atau material berbeda dengan nilai SRM dapat dikarenakan keadaan lingkungan, suhu dari permukaan, dan pembiasan dari material tersebut.

1.3.2 Uji Akurasi

Uji akurasi merupakan ukuran yang menunjukkan besarnya penyimpangan data hasil uji dengan nilai sebenarnya. Bias hasil uji dari metode uji yang dilakukan terhadap nilai SRM menggambarkan seberapa tinggi akurasi dari metode uji tersebut. Dibawah ini menunjukkan perhitungan akurasi dari hasil pengukuran thermovisi:

1. Akurasi Bay Trafo 1

$$\begin{aligned}\% \text{ Bias} &= \frac{a - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,4872 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 2,56 \%\end{aligned}$$

Maka untuk akurasinya sebesar $100\% - 2,56\% = 97,44\%$

2. Akurasi Bay Trafo 2

$$\begin{aligned}\% \text{ Bias} &= \frac{a - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,4750 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 5 \%\end{aligned}$$

Maka untuk akurasinya sebesar $100\% - 5\% = 95\%$

3. Akurasi Bay Trafo 3

$$\begin{aligned}\% \text{ Bias} &= \frac{a - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,5015 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 0,30 \%\end{aligned}$$

Maka untuk akurasinya sebesar $100\% - 0,30\% = 99,7\%$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa bay trafo 1 memiliki tingkat akurasi sebesar 97,44 %, bay trafo 2 memiliki tingkat akurasi sebesar 95 % dan bay trafo 3 memiliki tingkat akurasi sebesar 99,97 %. Tingkat akurasi bay trafo 3 yang didapatkan lebih besar dibandingkan bay trafo 1 dan bay trafo 2 dikarenakan nilai emisivitas pada bay trafo 3 banyak yang mendekati SRM. Dapat terlihat pada nilai rata-rata emisivitas yang terhitung pada bay trafo 3 nya. Meskipun demikian secara menyeluruh tingkat akurasi dari beberapa bay trafo di Gardu Induk 150 kV Pedan sudah sangat baik. Dapat dikatakan suhu dari peralatan pada bagian klem dan bagian konduktor nya masih dalam keadaan yang baik.

Tabel 4.10. Tabel Akurasi dan Presisi thermovisi

No	Nama	Akurasi	Presisi
1	Bay Trafo 1	97,44 %	0,61 %
2	Bay Trafo 2	95 %	1,43 %
3	Bay Trafo 3	99,97 %.	0,58 %

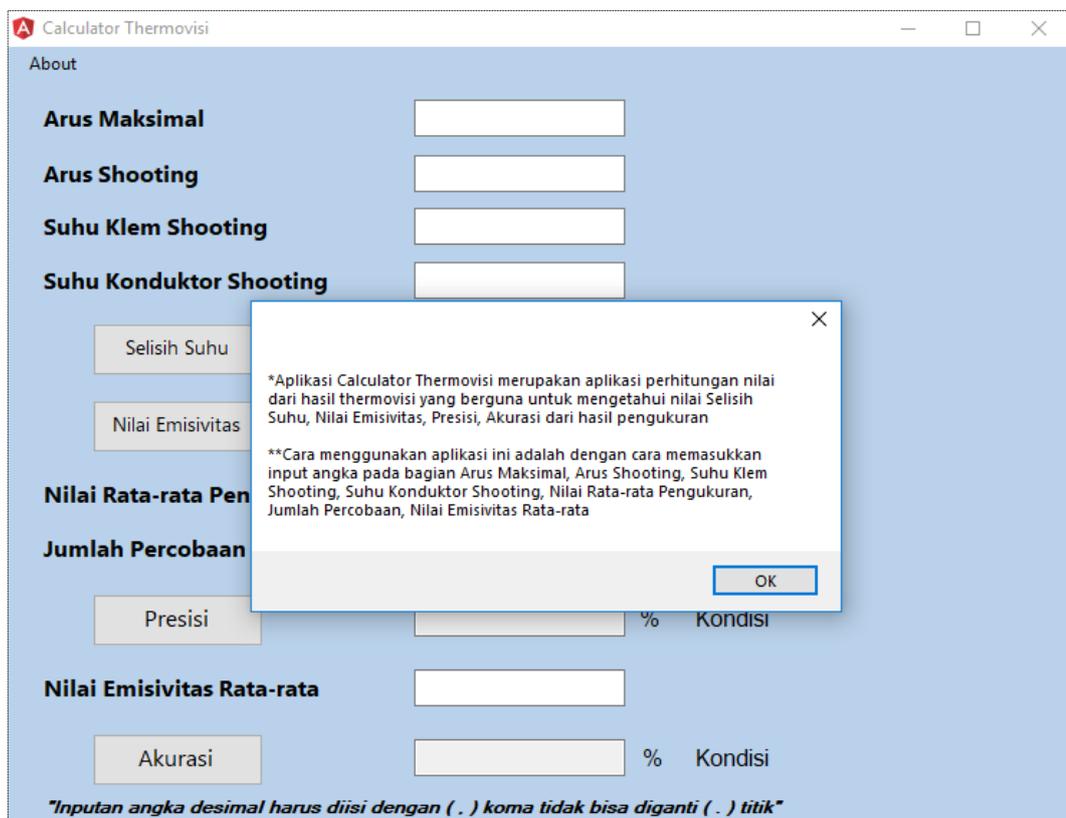
Terlihat dari tabel diatas bay trafo 1 memiliki nilai akurasi yang baik, dan presisi yang baik dan untuk bay trafo 2 memiliki nilai akurasi dan presisi yang kurang baik jika dibandingkan dengan bay trafo 1 dan bay trafo 2, sedangkan untuk bay trafo 3 memiliki nilai akurasi dan presisi yang sangat baik jika dibandingkan dengan bay trafo 1 dan bay trafo 2.

4.4. Perancangan Aplikasi Kalkulator Thermovisi Menggunakan Microsoft Visual Studio C#

Perancangan aplikasi kalkulator thermovisi dibuat dengan menggunakan Microsoft Visual Studio C#. Aplikasi ini dibuat untuk mempermudah perhitungan nilai validasi dari hasil thermovisi. Untuk mempermudah penggunaan dari aplikasi kalkulator ini maka didesain aplikasi kalkulator sederhana mungkin agar pengguna mudah memahami dalam menggunakannya.

4.4.1. Tampilan Menu Utama Aplikasi

Pembuatan aplikasi kalkulator ini menggunakan beberapa menu dari menu Toolbox seperti Button, Label, MenuStrip, dan Textbox. Menu-menu tersebut digunakan sebagai penampil input, pengendali program dan output dari aplikasi kalkulator yang dibuat. Ketika aplikasi dijalankan maka akan terlihat tampilan dari menu utama dari aplikasi kalkulator thermovisi. Dimana terdapat beberapa masukkan data yang harus diisi oleh pengguna. Masukkan yang harus diisi oleh pengguna diantaranya adalah Arus Maksimal, Arus Shooting, Suhu Klem Shooting, Suhu Konduktor Shooting, Nilai Rata-rata Pengukuran, Jumlah Percobaan, dan Nilai Emisivitas Rata-rata. Pada tampilan menu utama terdapat menu about yang berisikan tentang aplikasi yang dibuat dan panduan cara menggunakan kalkulator thermovisi. Tampilan Menu Utama pada aplikasi dapat terlihat pada Gambar 4.8. dibawah ini.



Gambar 4.8 Tampilan Menu Utama

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.4.2. Tampilan Menu Aplikasi Ketika Selesai Proses

Ketika data masukkan yang diisi oleh pengguna sudah selesai maka data akan diproses dan selanjutnya akan mengeluarkan keluaran berupa hasil dari perhitungan dengan cara menekan tombol sesuai dengan hasil yang diinginkan seperti ketika ingin mengetahui selisih suhu yang dihasilkan maka dapat menekan tombol “Selisih Suhu”, selanjutnya jika ingin mengetahui nilai emisivitas maka dapat menekan tombol “Nilai Emisivitas”, jika ingin mengetahui nilai presisi dari pengukuran maka dapat menekan tombol “Presisi”, dan yang terakhir ketika ingin mengetahui nilai akurasi dari perhitungan makan dapat menekan tombol “Akurasi” pada tampilan aplikasi. Pada saat tombol keluaran hasil ditekan maka akan muncul kondisi dari hasil perhitungan sesuai dengan parameter atau standar yang digunakan. Tampilan menu utama dapat dilihat pada gambar 4.9. dibawah ini.

The screenshot shows a software window titled "Calculator Thermovisi" with a light blue background. It displays a list of input parameters and their corresponding calculated results. Each input is in a white text box, and each result is in a grey text box. Some results include additional status text. At the bottom, there is a note in italics: "Inputan angka desimal harus diisi dengan (.) koma tidak bisa diganti (,) titik".

Parameter	Value	Unit/Status
Arus Maksimal	163	
Arus Shooting	152	
Suhu Klem Shooting	33	
Suhu Konduktor Shooting	27	
Selisih Suhu	6,9	°C Kondisi Baik
Nilai Emisivitas	0,4756	Nilai Emisivitas Mendekati SRM
Nilai Rata-rata Pengukuran	0,000212986	
Jumlah Percobaan	24	
Presisi	0,61	% Tingkat Presisi Baik
Nilai Emisivitas Rata-rata	0,4872	
Akurasi	97,44	% Tingkat Akurasi Baik

Gambar 4.9. Tampilan Keluaran Hasil

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.4.3. Source Code Program

Pada saat perancangan aplikasi kalkulator thermovisi ini, penulis menggunakan source code untuk membuat aplikasi dapat berjalan dengan sebagaimana mestinya. Source code merupakan komponen dasar sebuah program komputer yang dirancang oleh penulis yang berbentuk teks dan memiliki fungsi masing-masing disetiap code nya. Berikut ini penulis jabarkan source code yang digunakan pada aplikasi kalkulator thermovisi diantanya:

A. Nilai Masukkan dan Konversi Angka

Pada nilai masukkan dan konversi angka untuk input yang digunakan adalah berupa angka maka dari itu terlebih dahulu input harus dikonversi dari huruf menjadi angka dengan menggunakan instruksi “Convert.ToDouble”. Kemudian untuk tipe data yang digunakan pada perhitungan ini adalah menggunakan tipe data double, tipe data double adalah tipe data yang menyimpan angka dalam bentuk angka decimal.

Tipe data double sebenarnya sama saja dengan tipe data float yang berguna untuk menampilkan hasil bilangan akan tetapi untuk tipe data double memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tipe data float. Untuk tipe double dapat menyimpan data dengan kapasitas penyimpanan hingga 8 bytes yang artinya dapat menampilkan nilai hasil decimal dibekang koma tidak habis (tak berhingga). Source code dari nilai masukkan dan konversi angka dapat dilihat pada Gambar 4.10. – Gambar 4.13. dibawah ini.

```
//input
double label1 = Convert.ToDouble(textBox1.Text);
double label2 = Convert.ToDouble(textBox2.Text);
double label3 = Convert.ToDouble(textBox3.Text);
double label4 = Convert.ToDouble(textBox4.Text);
```

Gambar 4.10. Source Code Nilai Masukkan Selisih Suhu

```
//input
double label13 = Convert.ToDouble(textBox3.Text);
```

Gambar 4.11. Source Code Nilai Masukkan Nilai Emisivitas

```
//input
double label17 = Convert.ToDouble(textBox7.Text);
double label18 = Convert.ToDouble(textBox8.Text);
```

Gambar 4.12. Source Code Nilai Masukkan Presisi

```
//input
double label10 = Convert.ToDouble(textBox10.Text);
```

Gambar 4.13. Source Code Nilai Masukkan Akurasi

B. Pengoperasian Aritmatika

Pada pengoperasian aritmatika ini source code yang digunakan adalah berupa rumus dari perhitungan validasi metode. Rumus validasi metode yang digunakan masuk kedalam proses pada source code yang selanjutnya akan diproses sehingga dapat mengeluarkan keluaran hasil nilai. Perhitungan dari validasi metode meliputi dari perhitungan selisih suhu, nilai emisivitas, tingkat presisi, dan tingkat akurasi. Untuk proses penggunaan source code aritmatika pada aplikasi ini terdapat prioritas dalam operator-operator aritmatika yang digunakan. Operator increment, decrement dan minus pada perhitungan akan dihitung duluan, kemudian baru akan dilanjutkan ke perhitungan lainnya seperti modulus, perkalian dan pembagian, terakhir barulah operator pengurangan dan penjumlahan.

Pada source code aplikasi ini dilakukan pengubah urutan eksekusi, maka dari itu ditambahkan tanda kurung agar operator yang ditambahkan tanda kurung lebih didahulukan. Pada source code ini terdapat juga operator yang disebut dengan operator majemuk. Operator majemuk adalah operator penambahkan suatu nilai dgn nilai yang sebelumnya, sebagai contoh dilakukan operator majemuk pada operasi aritmatika nilai emisivitas “label13”

dimana sebelumnya suhu input menggunakan celcius akan diubah menjadi suhu kelvin maka dapat dilakukan penambahan dengan menulis “(label3 + 273.15)” sehingga dapat menghasilkan hasil yang sama tanpa harus menambah masukkan dari pengguna. Selanjutnya pada proses yang terjadi di aplikasi kalkulator ini dilakukan pembulatan hasil dengan menggunakan fungsi “Math.Round” sehingga bilangan decimal yang ditampilkan terlihat lebih sedikit tetapi nilai hasil yang dihasilkan tetap memiliki keakuratan yang tinggi. Source code dari pengoperasian aritmatika yang ditampilkan dapat dilihat pada gambar 4.14 sampai Gambar 4.17. dibawah ini.

```
//proses
double button1 = (label1 * label1) / (label2 * label2) * (label3 - label4);
button1 = Math.Round(button1, 1);
```

Gambar 4.14. Source Code Operasi Aritmatika Selisih Suhu

```
//proses
double button2 = 237 / (0.0000005672 * (label3 + 273.15) * (label3 +
273.15) * (label3 + 273.15) * (label3 + 273.15));
button2 = Math.Round(button2, 4);
```

Gambar 4.15. Source Code Operasi Aritmatika Nilai Emisivitas

```
//proses
double button3 = (Math.Sqrt(label17) / Math.Sqrt(label18 - 1) / 0.5 * 100);
button3= Math.Round(button3, 2);
```

Gambar 4.16. Source Code Operasi Aritmatika Presisi

```
//proses
double button4 = 100 - ((label10 - 0.5) / ((0.5 * 100)));
```

Gambar 4.17. Source Code Operasi Aritmatika Akurasi

C. Tampilan Hasil Keluaran

Untuk tampilan hasil keluaran digunakan source code yang merupakan sebuah step dari aplikasi yang akan menampilkan sebuah data yang diperlukan

oleh user setelah selesai diproses. Agar nilai dapat ditampilkan pada keluaran maka dilakukan konversi data dari data yang telah di proses menjadi tipe data string dengan menggunakan source code “Convert.ToString” hal ini bertujuan agar keluaran yang dihasilkan tidak akan salah alamat ketika menampilkan sebuah output hasil dari proses yaitu nilai dari perhitungan dengan menggunakan operasi aritmatika. Source code dari tampilan hasil keluaran dapat dilihat pada Gambar 4.18. sampai Gambar 4.21. dibawah ini.

```
//output  
textBox5.Text = Convert.ToString(button1);
```

Gambar 4.18. Source Code Hasil Keluaran Selisih Suhu

```
//output  
textBox6.Text = Convert.ToString(button2);
```

Gambar 4.19. Source Code Hasil Keluaran Nilai Emisivitas

```
//output  
textBox9.Text = Convert.ToString(button3);
```

Gambar 4.20. Source Code Hasil Keluaran Presisi

```
//output  
textBox11.Text = Convert.ToString(button4);
```

Gambar 4.21. Source Code Hasil Keluaran Presisi

D. Pengkondisian IF dan Else pada Program

Pada pengkondisian if dan else didapatkan source code yang digunakan untuk memberikan statement terhadap nilai yang dihasilkan. Sebagai contoh ketika kondisi 1 terpenuhi maka statements yang ada didalamnya akan di eksekusi, dan jika kondisi 1 tidak terpenuhi maka akan dilakukan pengecekan ke kondisi 2 sampai dengan kondisi ke n. dan jika kondisi 1 sampai dengan kondisi ke n tidak terpenuhi maka statements lemparan (else) yang akan

dilakukan eksekusi untuk menampilkan statement yang cocok dan sesuai dengan kondisi. Source code dari pengkondisian if dan else dan statement yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.22 – Gambar 4.25 dibawah ini.

```
//if dan else if

double nilai = 0;
nilai = double.Parse(textBox5.Text);
if (nilai < 10)
{
    label6.Text = "Kondisi Baik";
}
else if (nilai < 25)
{
    label6.Text = "Ukur 1 Bulan Lagi";
}
else if (nilai < 40)
{
    label6.Text = "Rencana Perbaikan";
}
else if (nilai < 70)
{
    label6.Text = "Perbaikan Segera";
}
else
{
    label6.Text = "Kondisi Darurat";
    label6.Visible = true;
}
}
```

Gambar 4.22. Source Code If-Else Selisih Suhu

```
//if dan else if

double nilai = 0;
nilai = double.Parse(textBox6.Text);
if (nilai > 0.5)
{
    label12.Text = "Nilai Emisivitas Baik";
}
else if (nilai > 0.4)
{
    label12.Text = "Nilai Emisivitas Mendekati SRM";
}
else
{
    label12.Text = "Nilai Emisivitas Tidak Baik";
    label12.Visible = true;
}
}
```

Gambar 4.23. Source Code If-Else Nilai Emisivitas

```

//if dan else if

double nilai = 0;
nilai = double.Parse(textBox9.Text);
if (nilai <= 2 )
{
    label13.Text = "Tingkat Presisi Baik";
}
else
{
    label13.Text = "Tingkat Presisi Tidak Baik";
    label13.Visible = true;
}

```

Gambar 4.24. Source Code If-Else Presisi

```

//if dan else if

double nilai = 0;
nilai = double.Parse(textBox11.Text);
if (nilai >= 90 )
{
    label14.Text = "Tingkat Akurasi Baik";
}
else
{
    label14.Text = "Tingkat Akurasi Tidak Baik";
    label14.Visible = true;
}

```

Gambar 4.25. Source Code If-Else Presisi

4.5. Perbandingan Hasil Perhitungan

Perbandingan hasil dari perhitungan manual dan dengan menggunakan aplikasi yang dibuat diperlukan untuk mengetahui hasil dari perhitungan keduanya sama. Jika aplikasi yang dibuat memiliki nilai hasil yang sama dengan perhitungan manual maka aplikasi yang dibuat dapat dikatakan berhasil dan dapat berkontribusi untuk membantu PT. PLN (Persero) dalam melakukan perhitungan tingkat akurasi dan presisi dari pengukuran thermovisi dan dapat mengetahui kerusakan yang terjadi pada komponen dan

bagian-bagian di gardu induk serta dapat mengetahui tindak lanjut yang harus dilakukan. Untuk melihat perbandingan hasil antara perhitungan manual dan dengan menggunakan aplikasi dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11. Perbandingan Hasil Perhitungan

No.	Obyek	Perhitungan Menggunakan Rumus Manual				Perhitungan Menggunakan Aplikasi C#				Keterangan
		ΔT	e	A	P	ΔT	e	A	P	
1.	Bay Trafo 1	5,3°C	0,4872	97,44%	0,61%	5,3°C	0,4872	97,44%	0,61%	Akurat
2.	Bay Trafo 2	42,2°C	0,4750	95%	1,43%	42,2°C	0,4750	95%	1,43%	Akurat
3.	Bay Trafo 3	2,8°C	0,5015	99,97 %.	0,58%	2,8°C	0,5015	99,97%	0,58%	Akurat

ΔT = Selisih Suhu

e = Nilai Emisivitas

A = Nilai Akurasi

P = Nilai Presisi

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwasannya hasil dari perhitungan dengan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan aplikasi nilai yang didapatkan memiliki hasil yang sama dan artinya perhitungan yang dilakukan mendapatkan hasil yang akurat.

4.6. Hasil Uji Coba User

Setelah aplikasi kalkulator thermovisi selesai dibuat maka dilakukan pengujian aplikasi kalkulator kepada user atau pengguna, dalam hal ini pengguna aplikasi yang telah dibuat adalah teknisi dari pihak Gardu Induk 150 kV Pedan. Tanggapan yang diperoleh dari teknisi setelah menggunakan aplikasi kalkulator thermovisi adalah aplikasi kalkulator mudah untuk digunakan dan dipahami serta dalam penggunaannya memberikan kemudahan bagi pekerjaan teknisi dalam melakukan perekapan nilai dari hasil thermovisi. Dan dari teknisi memberikan masukan agar aplikasi dapat dikembangkan lagi sehingga lebih banyak inputan dan output yang dapat dihasilkan dengan kalkulator thermovisi tersebut.