

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang perhitungan suhu perbandingan dari klem dan konduktor yang kemudian di hitung pula nilai emisivitasnya sehingga dapat diuji dan dianalisis validasi dari hasil pengukuran thermovisi yang telah dilakukan.

#### **4.1. Perhitungan Suhu Perbandingan Klem & Konduktor**

Pengukuran dan pengambilan data thermovisi dilakukan oleh teknisi dari Gardu Induk 150 kV Bantul selama setiap bulan sekali. Adapun titik pengukuran yang dikur antara lain adalah bay penghantar, bay transformator, bay kapasitor dan bay reaktor. Sedangkan titik yang pada analisis thermovisinya harus menggunakan persamaan kriteria  $\Delta T$  (Delta-T) adalah pada titik sambungan dan konduktor. Maka dari itu data yang digunakan oleh penulis untuk menganalisis adalah data sambungan dan konduktor pada bay trafo 1, 2, dan 3. Data yang digunakan adalah data pada bulan Februari 2018, hal ini dikarenakan data pada bulan ini yang paling terbaru dan belum ada pengukuran ulang pada bulan selanjutnya, serta penelitian yang dilakukan oleh penulis pun juga dilakukan pada bulan Maret 2018. Di Gardu Induk 150 kV Bantul alat *thermo imagers* yang digunakan adalah NEC TH7700.

Pada saat wawancara dengan salah satu teknisi, penulis mendapat informasi bahwa perekapan data mengenai thermovisi di Gardu Induk 150 kV Bantul masih belum baik, hal ini bisa ditemukan pada perekapan data thermovisi di tahun 2017

yang dilakukan hanya sekali dalam setahun, maka dari itu data yang semestinya berbeda setiap bulannya, malah semua nilainya sama.



**Gambar 4.1.** Bay Trafo Gardu Induk 150 kV Bantul

(Sumber: Dokumentasi pribadi )

Contoh penjabaran perhitungan perbandingan dari suhu klem dan konduktor menggunakan persamaan pendekatan kriteria  $\Delta T$  (Delta-T), diambil sebanyak 5 sample dari setiap data di bay trafo 1,2, dan 3 adalah sebagai berikut :

**a) Bay Trafo 1**

- Center Tap bushing primer Phasa R

$$= \left( \frac{203 A}{168 A} \right)^2 \cdot (32^\circ C - 28^\circ C) = 6^\circ C$$

- Center Tap bushing sekunder Phasa S

$$= \left( \frac{1337 A}{1130 A} \right)^2 \cdot (32^\circ C - 28^\circ C) = 6^\circ C$$

- Body bushing primer Phasa R

$$= \left( \frac{203 A}{168 A} \right)^2 \cdot (32^\circ C - 27^\circ C) = 7^\circ C$$

- Body bushing sekunder Phasa R

$$= \left( \frac{1337 A}{1130 A} \right)^2 \cdot (28^\circ C - 29^\circ C) = -1^\circ C$$

- Terminal bushing sekunder Phasa R

$$= \left( \frac{1337 A}{1130 A} \right)^2 \cdot (34^\circ C - 29^\circ C) = 7^\circ C$$

**b) Bay Trafo 2**

- Center Tap bushing primer Phasa R

$$= \left( \frac{162 A}{149 A} \right)^2 \cdot (31^\circ C - 26^\circ C) = 6^\circ C$$

- Center Tap bushing sekunder Phasa S

$$= \left( \frac{1231 A}{1102 A} \right)^2 \cdot (30^\circ C - 26^\circ C) = 5^\circ C$$

- Body bushing primer Phasa R

$$= \left( \frac{162 A}{149 A} \right)^2 \cdot (35^\circ C - 26^\circ C) = 11^\circ C$$

- Body bushing sekunder Phasa R

$$= \left( \frac{1231 A}{1102 A} \right)^2 \cdot (36^\circ C - 30^\circ C) = 7^\circ C$$

- Terminal bushing netral 20 kV  

$$= \left( \frac{1231 A}{1102 A} \right)^2 \cdot (68^\circ C - 29^\circ C) = 49^\circ C$$

c) **Bay Trafo 3**

- Center Tap bushing primer Phasa R  

$$= \left( \frac{135 A}{114 A} \right)^2 \cdot (28^\circ C - 23,5^\circ C) = 6^\circ C$$
- Center Tap bushing sekunder Phasa S  

$$= \left( \frac{868 A}{743 A} \right)^2 \cdot (30^\circ C - 27^\circ C) = 4^\circ C$$
- Body bushing primer Phasa R  

$$= \left( \frac{135 A}{114 A} \right)^2 \cdot (33^\circ C - 23,5^\circ C) = 13^\circ C$$
- Body bushing sekunder Phasa R  

$$= \left( \frac{868 A}{743 A} \right)^2 \cdot (35^\circ C - 27^\circ C) = 11^\circ C$$
- Terminal bushing sekunder Phasa R  

$$= \left( \frac{868 A}{743 A} \right)^2 \cdot (30^\circ C - 27^\circ C) = 4^\circ C$$

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Thermo Imagers* NEC TH7700. Nilai-nilai yang telah

diinput adalah sebagian dari pengukuran langsung di lapangan dan sebagian lainnya menggunakan software Microspec. Berikut tabel thermovisi bay trafo 2 di Gardu Induk 150 kV Bantul dari bulan Januari-Februari 2018 :

**Tabel 4.1.** Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 1 Februari 2018

No.	Obyek / instalasi	Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus Saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor Delta Tm.	Tindak Lanjut
		$I_m^2 (A)$	$I_s^2 (A)$	$T_{kls} (C^0)$	$T_{kds} (C^0)$	$(C^0)$	$(C^0)$
		a	b	c	d	$e=(a^2/b^2) \times (c-d)$	d
1	<b>Bay Trafo 1</b>						
	- Center Tap bushing primer Phasa R	203	168	32	28	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing primer Phasa S	203	168	32	28	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing primer Phasa T	203	168	32	28	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	1337	1130	32	28	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	1337	1130	32	28	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	1337	1130	32	29	4	KONDISI BAIK
	- Body bushing Primer Phasa R	203	168	32	27	7	KONDISI BAIK
	- Body bushing Primer Phasa S	203	168	32	27	7	KONDISI BAIK
	- Body bushing Primer Phasa T	203	168	32	26	9	KONDISI BAIK
	- Body bushing Sekunder Phasa R	1337	1130	28	29	-1	KONDISI BAIK
	- Body bushing Sekunder Phasa S	1337	1130	29	29	0	KONDISI BAIK
	- Body bushing Sekunder Phasa T	1337	1130	30	29	1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa R	203	168	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa S	203	168	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa T	203	168	30	26	6	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	1337	1130	34	29	7	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	1337	1130	34	29	7	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	1337	1130	32	29	4	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Terminating 20 KV Phasa R	1337	1130	33	29	6	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Terminating 20 KV Phasa S	1337	1130	32	29	4	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Terminating 20 KV Phasa T	1337	1130	33	29	6	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Terminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	1337	1130	33	29	6	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Terminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	1337	1130	32	29	4	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Terminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	1337	1130	32	29	4	KONDISI BAIK

Kolom “e” adalah hasil perhitungan perbandingan suhu klem dan konduktor yang telah dibulatkan jika 1 angka lebih besar dari 5, maka dibulatkan menjadi 1 (0,5 ≥ 1). Terlihat dari tabel 4.1. bahwa kondisi alat bay trafo 1 semuanya berada dalam “Kondisi Baik”. Namun di Body Bushing Primer Phasa T menunjukkan nilai 9° C, yang dimana jika nilainya naik menjadi 10° C akan merubah kondisinya menjadi “Ukur 1 Bulan Lagi”.

**Tabel 4.2.** Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 2 Februari 2018

No.	Obyek / instalasi	Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus Saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor Delta Tm.	Tindak Lanjut
		$I_m^2$ (A)	$I_s^2$ (A)	$T_{Kls}$ (C°)	$T_{kds}$ (C°)	(C°)	(C°)
		a	b	c	d	$e=(a^2/b^2)(c-d)$	d
2	<b>Bay Trafo 2</b>						
	- Center Tap bushing primer Phasa R	162	149	31	26	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing primer Phasa S	162	149	31	26	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing primer Phasa T	162	149	31	26	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	1231	1102	31	26	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	1231	1102	30	26	5	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	1231	1102	30	26	5	KONDISI BAIK
	- Body bushing Primer Phasa R	162	149	35	26	11	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Primer Phasa S	162	149	35	26	11	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Primer Phasa T	162	149	35	26	11	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Sekunder Phasa R	1231	1102	36	30	7	KONDISI BAIK
	- Body bushing Sekunder Phasa S	1231	1102	36	30	7	KONDISI BAIK
	- Body bushing Sekunder Phasa T	1231	1102	36	30	7	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa R	162	149	28	26	2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa S	162	149	28	26	2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa T	162	149	28	26	2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	1231	1102	29	30	-1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	1231	1102	28	30	-2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	1231	1102	29	30	-1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing netral 150 kV	162	149	27	26	1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing netral 20 kV	1231	1102	68	29	49	PERBAIKAN SEGERA
	- Sepatu kabel Thermanating 20 KV Phasa R	1231	1102	29	30	-1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating 20 KV Phasa S	1231	1102	29	30	-1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating 20 KV Phasa T	1231	1102	30	30	0	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating kubikel incoming 20 KV Phasa R	1231	1102	29	33	-5	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating kubikel incoming 20 KV Phasa S	1231	1102	30	33	-4	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating kubikel incoming 20 KV Phasa T	1231	1102	29	33	-5	KONDISI BAIK

Tabel 4.2. diatas menunjukkan thermovisi pada bay trafo 2 yang dimana ada beberapa titik yang telah menjadi kondisi abnormal. Seperti ada 3 titik Body Bushing Primer yang selisih suhu nya telah mencapai 11 °C dengan kondisi “Ukur 1 Bulan Lagi”. Titik selanjutnya yang terindikasi parah dan berada dengan kondisi “Perbaikan Segera” adalah Terminal Bushing Netral 20 kV dengan selisih suhunya mencapai 49 °C. Pada suhu peralatannya juga menunjukkan nilai yang sangat tinggi yaitu 68 °C dan terindikasi telah rusak.

**Tabel 4.3.** Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 3 Februari 2018

No.	Obyek / instalasi	Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus Saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor Delta Tm.	Tindak Lanjut
		$I_m^2 (A)$	$I_s^2 (A)$	$T_{kls} (C^0)$	$T_{kds} (C^0)$	$(C^0)$	$(C^0)$
		a	b	c	d	$e=(a^2/b^2) \times (c-d)$	d
3	<b>Bay Trafo 3</b>						
	- Center Tap bushing primer Phasa R	135	114	28	23,5	6	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing primer Phasa S	135	114	29	23,5	8	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing primer Phasa T	135	114	29	23,5	8	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	868	743	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	868	743	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	868	743	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Body bushing Primer Phasa R	135	114	33	23,5	13	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Primer Phasa S	135	114	34	23,5	15	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Primer Phasa T	135	114	34	23,5	15	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Sekunder Phasa R	868	743	35	27	11	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Sekunder Phasa S	868	743	35	27	11	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Body bushing Sekunder Phasa T	868	743	35	27	11	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Terminal Bushing primer Phasa R	135	114	24	23,5	1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa S	135	114	24	23,5	1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing primer Phasa T	135	114	24	23,5	1	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	868	743	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	868	743	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	868	743	30	27	4	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating 20 KV Phasa R	868	743	31	30	1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating 20 KV Phasa S	868	743	31	30	1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating 20 KV Phasa T	868	743	31	30	1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating kubikel incoming 20 KV Phasa R	868	743	32	33	-1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating kubikel incoming 20 KV Phasa S	868	743	32	33	-1	KONDISI BAIK
	- Sepatu kabel Thermanating kubikel incoming 20 KV Phasa T	868	743	32	33	-1	KONDISI BAIK

Pada tabel 4.3. menunjukkan thermovisi pada bay trafo 3 yang dimana juga terdapat beberapa titik yang telah melampaui kondisi normal. Diantaranya 3 titik pada Body Bushing Primer dan 3 titik pada Body Bushing Sekunder yang semuanya berada pada kondisi “Ukur 1 Bulan Lagi” dengan suhu  $11^{\circ}C - 15^{\circ}C$ . Sedangkan titik yang lain hampir semua baik, tetapi ada titik yang harus diwaspadai yaitu pada Center Bushing Primer yang telah mencapai  $8^{\circ}C$ .

Pada tabel-tabel diatas, apabila dibandingkan dengan data pada bulan Januari 2018, juga menunjukkan perubahan pada selisih suhu klem dan konduktor, hal ini terjadi karena setiap bulannya arus pada peralatan semakin bertambah tinggi. Maka dari itu panas pada peralatan pun juga semakin tinggi.

## 4.2. Perhitungan Nilai Emisivitas

Emisivitas dari sebuah bahan adalah rasio dari total energi yang diradiasikan oleh permukaan bahan tersebut. Dengan kata lain emisivitas adalah kemampuan memancarkan energi inframerah oleh *black body* pada kondisi suhu dan panjang gelombang yang sama. Nilai emisivitas dari suatu bahan pada dasarnya sudah memiliki nilainya masing-masing, namun tetap dapat berubah sesuai dengan kondisi bahan tersebut atau karena keadaan lingkungan dan pembiasan.

Untuk mengukur suhu pada suatu bahan, alat thermo imagers tersebut harus terlebih dahulu disetel emisivitasnya sesuai dengan jenis bahan. Namun ini hanya semata-mata hanya settingan untuk alat ukur tersebut mengetahui benda apa yang di ukur dan seperti yang sudah dijelaskan bahwa emisivitas suatu bahan nilainya tidak selalu sama, karena pasti akan berpengaruh dengan faktor lain sehingga nilai *real* dan nilai tetapan emisivitas bahan pasti berbeda.

Untuk menganalisis nilai pengukuran dengan menggunakan validasi metode, maka salah satu variable yang diperlukan adalah Coeffisien Variation. Nilai emisivitas ini akan dijadikan Coeffisien Variation karena nilainya tidak selalu sama walaupun bahan yang diukur memiliki jenis yang sama yaitu Alumunium. Karena data nilai emisivitas dari setiap titik pengukuran tidak direkap oleh teknisi di Gardu Induk 150 kV Bantul, maka nilai emisivitasnya akan dicari menggunakan rumus perpindahan kalor radiasi (Hukum Stefan Boltzman). Rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai emisivitas ini adalah sebagai berikut:

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



Dimana :

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

e = Emisivitas

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

T = Suhu Mutlak (K)

Berikut adalah contoh penjabaran perhitungan emisivitas diambil dari 5 sample suhu dari setiap data bay trafo 1, 2, dan 3 pada bulan Februari 2018 adalah sebagai berikut:

- Suhu 30 °C

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

- Suhu 31 °C

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 304,15^{\circ} K} = 0,4883$$

- Suhu 36 °C

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

- Suhu 45 °C

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 318,15^{\circ} K} = 0,4078$$

- Suhu 68 °C

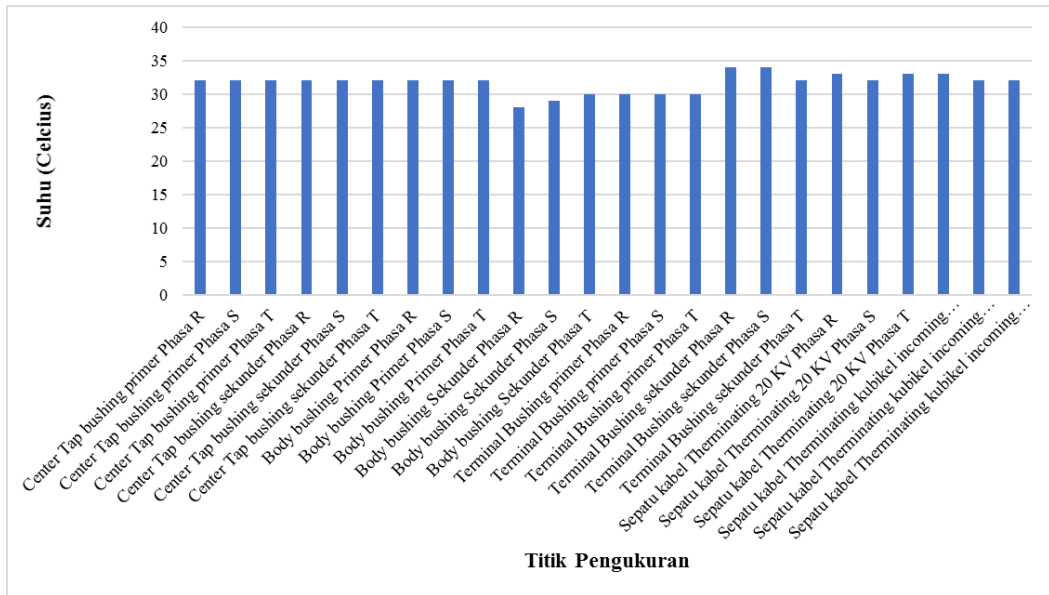
$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 341,15^{\circ} K} = 0,3085$$

Berikut di bawah ini adalah tabel dan grafik hasil perhitungan emisivitas dari hasil pengukuran suhu thermovisi bay trafo 1, 2, dan 3 Gardu Induk 150 kV Bantul pada Februari 2018.

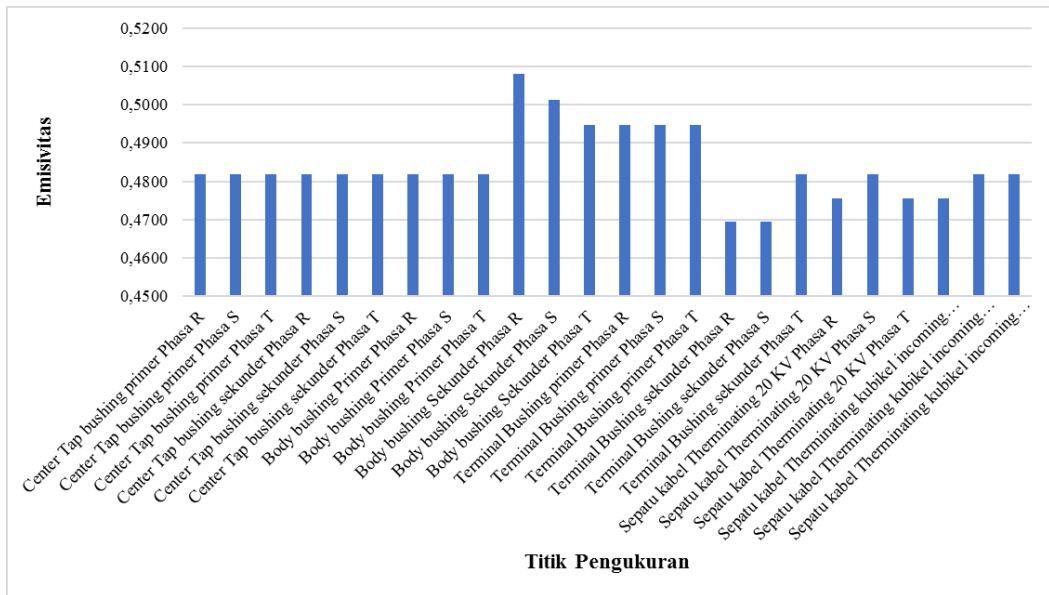
**Tabel 4.4.** Emisivitas bay Trafo 1

No.	Nama	Suhu Klem saat Shooting (Celcius)	Nilai Emisivitas
1	Center Tap bushing primer Phasa R	32	0,4819
2	Center Tap bushing primer Phasa S	32	0,4819
3	Center Tap bushing primer Phasa T	32	0,4819
4	Center Tap bushing sekunder Phasa R	32	0,4819
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	32	0,4819
8	Body bushing Primer Phasa S	32	0,4819
9	Body bushing Primer Phasa T	32	0,4819
10	Body bushing Sekunder Phasa R	28	0,5080
11	Body bushing Sekunder Phasa S	29	0,5013
12	Body bushing Sekunder Phasa T	30	0,4947
13	Terminal Bushing primer Phasa R	30	0,4947
14	Terminal Bushing primer Phasa S	30	0,4947
15	Terminal Bushing primer Phasa T	30	0,4947
16	Terminal Bushing sekunder Phasa R	34	0,4695
17	Terminal Bushing sekunder Phasa S	34	0,4695
18	Terminal Bushing sekunder Phasa T	32	0,4819
19	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	33	0,4756
20	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	32	0,4819
21	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	33	0,4756
22	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	33	0,4756
23	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	32	0,4819
24	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	32	0,4819
		Rata-rata	0,4841

Kondisi dari suhu klem dan konduktor pada bay trafo 1 semuanya dalam kondisi baik, maka dari itu emisivitas yang dihasilkan dari perhitungan juga menunjukkan nilai yang hampir mendekati parameter yang digunakan untuk emisivitas pada logam aluminium.



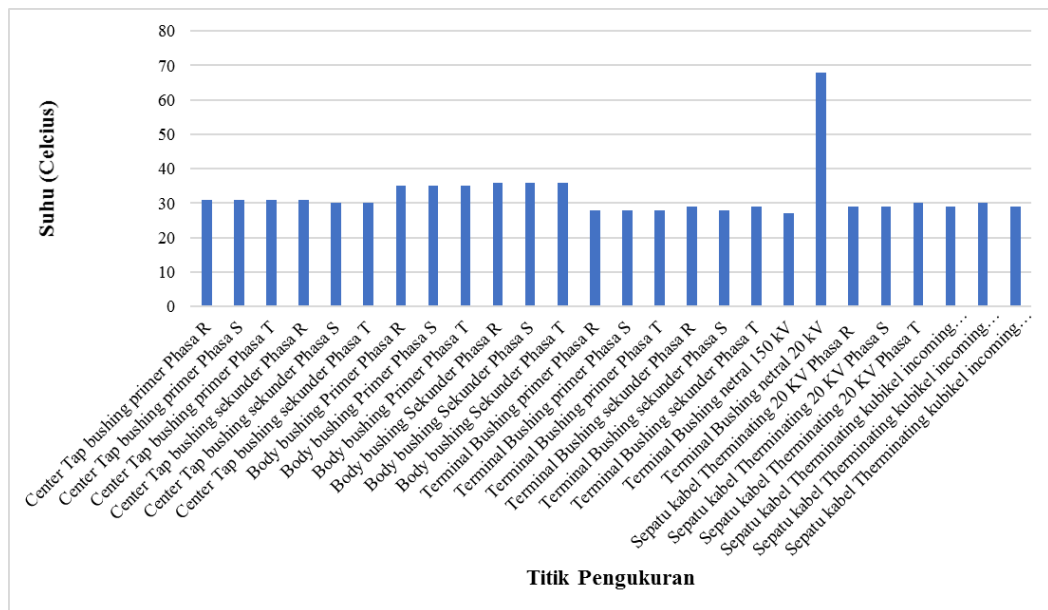
**Gambar 4.2.** Grafik suhu thermovisi bay trafo 1



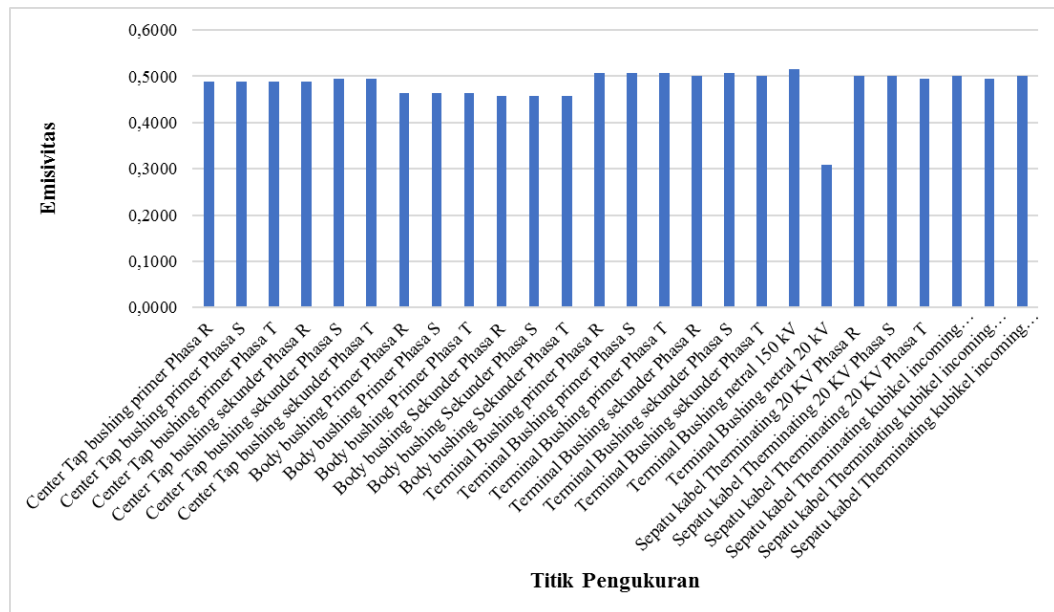
**Gambar 4.3.** Grafik emisivitas thermovisi bay trafo 1

**Tabel 4.5. Emisivitas bay Trafo 2**

No.	Nama	Suhu Klem saat Shooting (Celcius)	Nilai Emisivitas
1	Center Tap bushing primer Phasa R	31	0,4883
2	Center Tap bushing primer Phasa S	31	0,4883
3	Center Tap bushing primer Phasa T	31	0,4883
4	Center Tap bushing sekunder Phasa R	31	0,4883
5	Center Tap bushing sekunder Phasa S	30	0,4947
6	Center Tap bushing sekunder Phasa T	30	0,4947
7	Body bushing Primer Phasa R	35	0,4634
8	Body bushing Primer Phasa S	35	0,4634
9	Body bushing Primer Phasa T	35	0,4634
10	Body bushing Sekunder Phasa R	36	0,4574
11	Body bushing Sekunder Phasa S	36	0,4574
12	Body bushing Sekunder Phasa T	36	0,4574
13	Terminal Bushing primer Phasa R	28	0,5080
14	Terminal Bushing primer Phasa S	28	0,5080
15	Terminal Bushing primer Phasa T	28	0,5080
16	Terminal Bushing sekunder Phasa R	29	0,5013
17	Terminal Bushing sekunder Phasa S	28	0,5080
18	Terminal Bushing sekunder Phasa T	29	0,5013
19	Terminal Bushing netral 150 kV	27	0,5148
20	Terminal Bushing netral 20 kV	68	0,3085
21	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	29	0,5013
22	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	29	0,5013
23	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	30	0,4947
24	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	29	0,5013
25	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	30	0,4947
26	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	29	0,5013
	<b>Rata-rata</b>		<b>0,4830</b>



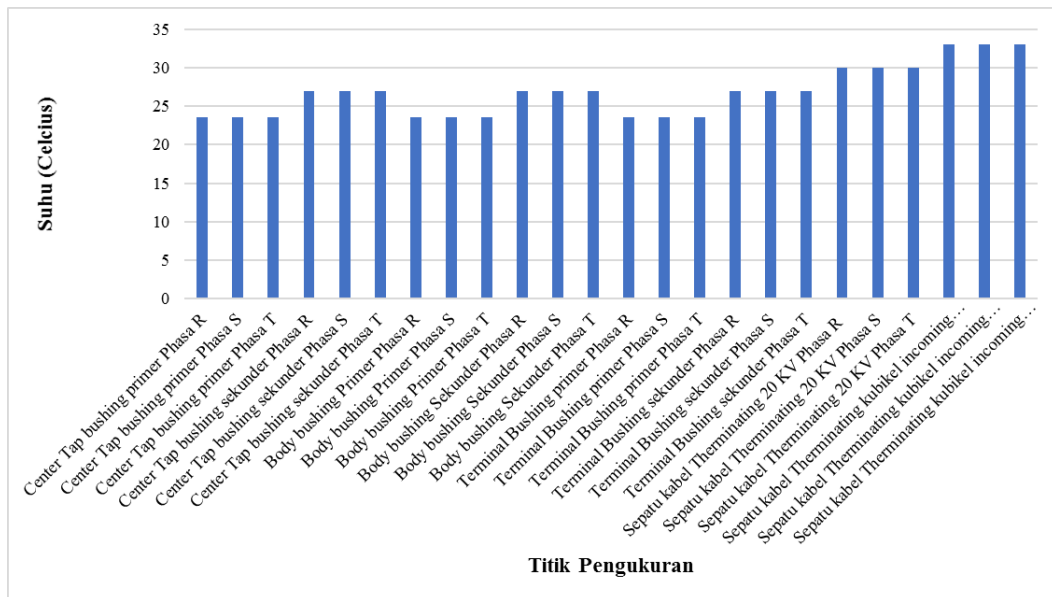
**Gambar 4.4. Grafik suhu thermovisi bay trafo 2**



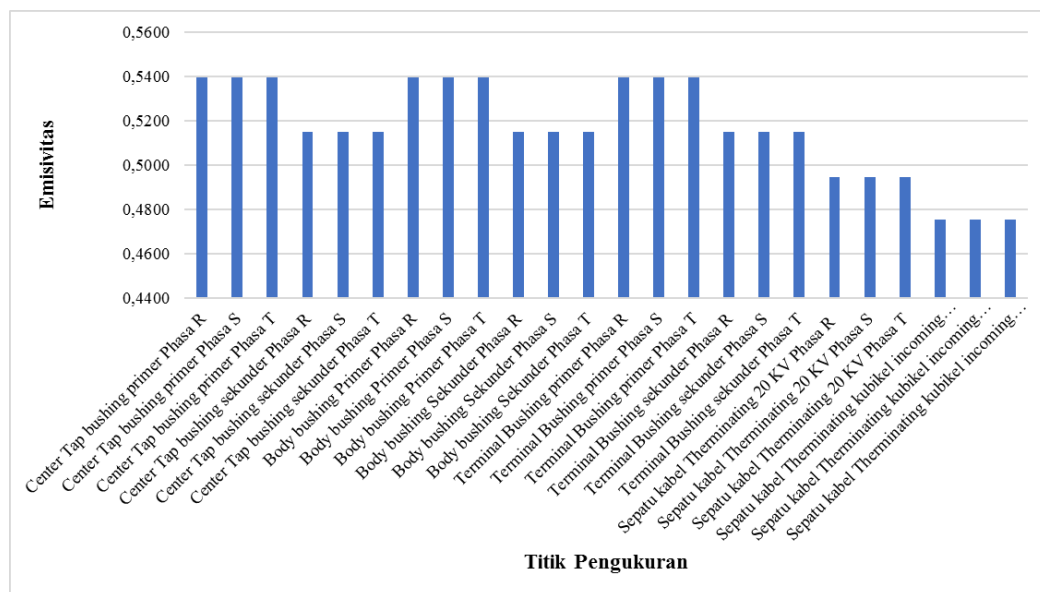
**Gambar 4.5.** Grafik emisivitas thermovisi bay trafo 2

**Tabel 4.6.** Emisivitas bay Trafo 3

No.	Nama	Suhu Klem saat Shooting (Celcius)	Nilai Emisivitas
1	Center Tap bushing primer Phasa R	23,5	0,5396
2	Center Tap bushing primer Phasa S	23,5	0,5396
3	Center Tap bushing primer Phasa T	23,5	0,5396
4	Center Tap bushing sekunder Phasa R	27	0,5148
5	Center Tap bushing sekunder Phasa S	27	0,5148
6	Center Tap bushing sekunder Phasa T	27	0,5148
7	Body bushing Primer Phasa R	23,5	0,5396
8	Body bushing Primer Phasa S	23,5	0,5396
9	Body bushing Primer Phasa T	23,5	0,5396
10	Body bushing Sekunder Phasa R	27	0,5148
11	Body bushing Sekunder Phasa S	27	0,5148
12	Body bushing Sekunder Phasa T	27	0,5148
13	Terminal Bushing primer Phasa R	23,5	0,5396
14	Terminal Bushing primer Phasa S	23,5	0,5396
15	Terminal Bushing primer Phasa T	23,5	0,5396
16	Terminal Bushing sekunder Phasa R	27	0,5148
17	Terminal Bushing sekunder Phasa S	27	0,5148
18	Terminal Bushing sekunder Phasa T	27	0,5148
19	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	30	0,4947
20	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	30	0,4947
21	Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	30	0,4947
22	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	33	0,4756
23	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	33	0,4756
24	Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	33	0,4756
	Rata-rata		0,5167



**Gambar 4.6.** Grafik suhu thermovisi bay trafo 3



**Gambar 4.7.** Grafik emisivitas thermovisi bay trafo 3

Rata-rata emisivitas yang ditunjukkan pada tabel 4.4, 4.3, dan 4.4 diatas adalah sebesar (0,4841), (0,4830), dan (0,5167). Diambil pada semua titik yang

terukur untuk bay trafo 1 dan 3 sebanyak 24 titik dan untuk trafo bay 2 sebanyak 26 titik. Suhu terendah dari keseluruhan suhu peralatan diatas adalah  $23,5^{\circ}\text{C}$  dengan emisivitasnya sebesar 0,5396. Sedangkan suhu tertingginya adalah  $68^{\circ}\text{C}$  dengan emisivitasnya sebesar 0,3085. Jika semua nilai suhu diatas dibulatkan, maka semuanya masih termasuk di dalam rentan suhu yang sesuai dengan SRM (emisivitas alumunium 0,5), kecuali pada titik yang terjadi kerusakan dengan nilai suhu sebesar  $68^{\circ}\text{C}$ .

Sedangkan pada grafik-grafik dari suhu dan emisivitas diatas, kondisi yang terjadi adalah apabila suhu semakin tinggi maka nilai emisivitasnya menurun. Begitupula sebaliknya apabila suhu menurun, maka nilai emisivitasnya akan meningkat.

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

### **4.3. Validasi Metode Analisis**

Setelah diperoleh hasil perhitungan emisivitas, metode selanjutnya yaitu uji validasi untuk menganalisis keakuratan dan presisi dari hasil pengukuran.

#### **4.3.1. Uji Presisi**

Uji presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil pengukuran, yang dihitung berdasarkan nilai standard reference material (RSM).

SRM yang digunakan adalah emisivitas ACSR Alumunium yang bernilai 0,5 yang dikeluarkan oleh Infrared Training Center of Flir System Inc. Persentase presisi recovery dinyatakan dengan Coeficient of Variation (CV) dan Relative Standard Devition (RSD). Jika CV pada perhitungan < (kurang dari) 2 % maka dapat dinyatakan bahwa metode tersebut mempunyai presisi yang baik.

Untuk menguji tingkat presisi dari pengukuran, maka diperlukan Coeffisien Variation (CV). Sample yang digunakan berjumlah 10 pada masing-masing bay trafo. CV akan diperoleh melalui persamaan yang akan dijelaskan dalam tabel-tabel berikut ini:

**Tabel 4.7.** Validasi Thermovisi bay trafo 1

NO	Nama	$x$	$\alpha$	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
1	- Center Tap bushing primer Phasa R	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
2	- Center Tap bushing primer Phasa S	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
3	- Center Tap bushing primer Phasa T	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
4	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
5	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
6	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
7	- Body bushing Primer Phasa R	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
8	- Body bushing Primer Phasa S	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
9	- Body bushing Primer Phasa T	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
10	- Body bushing Sekunder Phasa R	0,5080	0,4841	0,023898655	0,00057115



**Tabel 4.7.** Validasi Thermovisi bay trafo 1 (Lanjutan)

NO	Nama	$x$	$\alpha$	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
11	- Body bushing Sekunder Phasa S	0,5013	0,4841	0,01720657	0,00029607
12	- Body bushing Sekunder Phasa T	0,4947	0,4841	0,010624316	0,00011288
13	- Terminal Bushing primer Phasa R	0,4947	0,4841	0,010624316	0,00011288
14	- Terminal Bushing primer Phasa S	0,4947	0,4841	0,010624316	0,00011288
15	- Terminal Bushing primer Phasa T	0,4947	0,4841	0,010624316	0,00011288
16	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	0,4695	0,4841	-0,014648784	0,00021459
17	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	0,4695	0,4841	-0,014648784	0,00021459
18	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
19	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	0,4756	0,4841	-0,008484778	0,00007199
20	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
21	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	0,4756	0,4841	-0,008484778	0,00007199
22	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	0,4756	0,4841	-0,008484778	0,00007199
23	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
24	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	0,4819	0,4841	-0,002219276	0,00000493
$\Sigma (x - \alpha)^2$					0,00202789
$SD = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \alpha)^2}{n - 1}}$					0,00938985
$CV = \frac{\text{Standard Devittition}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$					1,88 %

Pada tabel 4.7. untuk bay trafo 1 nilai rata-rata emisivitasnya adalah 0,4841 dan nilai tersebut sudah sangat mendekati SRM yaitu 0,5. CV pada bay trafo 1 ini sebesar 1,88 % yang dimana ini menunjukkan bahwa pengukuran yang dilakukan memiliki tingkat presisi yang baik. Sehingga dapat dinyatakan bahwa kualitas dari alat yang diukur pada bay trafo 1 juga masih dalam kondisi baik secara keseluruhan.

**Tabel 4.8.** Validasi Thermovisi bay trafo 2

NO	Nama	$x$	$\alpha$	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
1	- Center Tap bushing primer Phasa R	0,4883	0,4830	0,005272265	0,00002780
2	- Center Tap bushing primer Phasa S	0,4883	0,4830	0,005272265	0,00002780
3	- Center Tap bushing primer Phasa T	0,4883	0,4830	0,005272265	0,00002780
4	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	0,4883	0,4830	0,005272265	0,00002780
5	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	0,4947	0,4830	0,011746844	0,00013799
6	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	0,4947	0,4830	0,011746844	0,00013799
7	- Body bushing Primer Phasa R	0,4634	0,4830	-0,019590731	0,00038380
8	- Body bushing Primer Phasa S	0,4634	0,4830	-0,019590731	0,00038380
9	- Body bushing Primer Phasa T	0,4634	0,4830	-0,019590731	0,00038380
10	- Body bushing Sekunder Phasa R	0,4574	0,4830	-0,025557599	0,00065319
11	- Body bushing Sekunder Phasa S	0,4574	0,4830	-0,025557599	0,00065319
12	- Body bushing Sekunder Phasa T	0,4574	0,4830	-0,025557599	0,00065319

**Tabel 4.8.** Validasi Thermovisi bay trafo 2 (Lanjutan)

NO	Nama	$x$	$\alpha$	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
13	- Terminal Bushing primer Phasa R	0,5080	0,4830	0,025021183	0,00062606
14	- Terminal Bushing primer Phasa S	0,5080	0,4830	0,025021183	0,00062606
15	- Terminal Bushing primer Phasa T	0,5080	0,4830	0,025021183	0,00062606
16	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	0,5013	0,4830	0,018329098	0,00033596
17	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	0,5080	0,4830	0,025021183	0,00062606
18	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	0,5013	0,4830	0,018329098	0,00033596
19	- Terminal Bushing netral 150 kV	0,5148	0,4830	0,031825305	0,00101285
20	- Terminal Bushing netral 20 kV	0,3085	0,4830	-0,17451607	0,03045586
21	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	0,5013	0,4830	0,018329098	0,00033596
22	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	0,5013	0,4830	0,018329098	0,00033596
23	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	0,4947	0,4830	0,011746844	0,00013799
24	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	0,5013	0,4830	0,018329098	0,00033596
25	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	0,4947	0,4830	0,011746844	0,00013799
26	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	0,5013	0,4830	0,018329098	0,00033596
$\Sigma (x - \alpha)^2$					0,03976279
$SD = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \alpha)^2}{n - 1}}$					0,03988122
$CV = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$					7,98 %

Pada tabel 4.8. bay trafo 2 memiliki rata-rata emisitas sebesar 0,4830. Ini nilai yang paling rendah jika dibandingkan dengan bay trafo 1 dan 3. Namun masih dikatakan sangat baik karena juga hampir mendekati nilai RSM. Tetapi permasalahan muncul pada nilai CV nya karena melebihi 2%, yaitu sebesar 7,98 %. Ini berarti bay trafo 2 memiliki tingkat presisi pengukuran yang kurang baik dan paling buruk jika dibanding dengan bay trafo 1 dan 3. Ini bisa ditinjau dari nilai emisivitasnya yang sangat beragam dan ada 1 titik yang mengalami kerusakan.

**Tabel 4.9.** Validasi Thermovisi bay trafo 3

NO	Nama	$x$	$\alpha$	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
1	- Center Tap bushing primer Phasa R	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
2	- Center Tap bushing primer Phasa S	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
3	- Center Tap bushing primer Phasa T	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
4	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
5	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
6	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
7	- Body bushing Primer Phasa R	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
8	- Body bushing Primer Phasa S	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
9	- Body bushing Primer Phasa T	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
10	- Body bushing Sekunder Phasa R	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348

**Tabel 4.9.** Validasi Thermovisi bay trafo 3 (Lanjutan)

NO	Nama	$x$	$\alpha$	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
11	- Body bushing Sekunder Phasa S	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
12	- Body bushing Sekunder Phasa T	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
13	- Terminal Bushing primer Phasa R	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
14	- Terminal Bushing primer Phasa S	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
15	- Terminal Bushing primer Phasa T	0,5396	0,5167	0,0228644	0,00052278
16	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
17	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
18	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	0,5148	0,5167	-0,0018654	0,00000348
19	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	0,4947	0,5167	-0,0219439	0,00048153
20	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	0,4947	0,5167	-0,0219439	0,00048153
21	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	0,4947	0,5167	-0,0219439	0,00048153
22	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	0,4756	0,5167	-0,041053	0,00168535
23	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	0,4756	0,5167	-0,041053	0,00168535
24	- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	0,4756	0,5167	-0,041053	0,00168535
$\Sigma (x - \alpha)^2$					0,01123698
$SD = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \alpha)^2}{n - 1}}$					0,02210349
$CV = \frac{\text{Standard Devittion}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$					4,42 %

Pada tabel 5.0. bay trafo 3 memiliki nilai rata-rata emisivitas yang paling baik jika dibanding dengan bay trafo 1 dan 2 dengan nilai **0,5167**. Namun nilai CV yang dihasilkan malah lebih tinggi dibanding dengan bay trafo 1 dan 2 dengan nilai 4,42%, yang dimana maka hasil pengukuran yang dilakukan dinyatakan memiliki presisi yang kurang baik. Hal ini dikarenakan nilai emisivitasnya yang sangat beragam dan bahkan ada yang lebih tinggi melampaui nilai SRM.

Namun bila ditinjau kembali, pada bay trafo 3 memiliki nilai CV yang hanya lebih sekitar kurang lebih 2% saja dari standar presisi yang baik. Banyak faktor yang dapat membuat nilai emisivitas dari suatu bahan tidak sama dengan nilai RSM nya, seperti keadaan lingkungan, suhu permukaan, dan pembiasan dari bahan tersebut.

#### 4.3.2. Uji Akurasi

Uji akurasi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan standard reference material (SRM) yang sebenarnya. Akurasi dinyatakan sebagai persentase perolehan kembali (recovery) analit yang ditambahkan. Berikut adalah perhitungan akurasi pada nilai pengukuran termovisi bay 1, 2 dan 3 Gardu Induk bantu 150 kV:

##### a) Bay Trafo 1

$$\begin{aligned} \% \text{ Recovery} &= \frac{\alpha - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,4841 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 1,59\% \end{aligned}$$

$$\text{Maka akurasinya} = 100 \% - 1,59 \% = 98,41 \%$$

**b) Bay Trafo 2**

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\alpha - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,4830 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 1,7 \%$$

$$\text{Maka akurasinya} = 100 \% - 1,7 \% = 98,3 \%$$

**c) Bay Trafo 3**

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\alpha - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,5167 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 1,67 \%$$

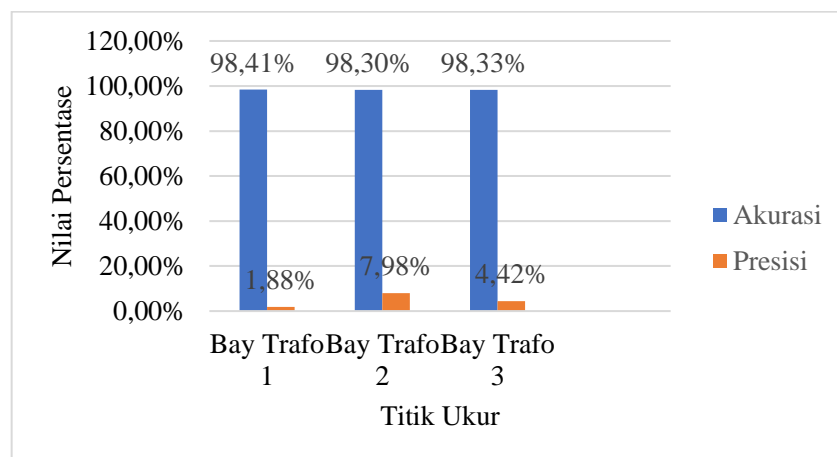
$$\text{Maka akurasinya} = 100 \% - 1,67 \% = 98,33 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas, bay trafo 1 memiliki tingkat akurasi sebesar 96,9 %, bay trafo 2 memiliki tingkat akurasi sebesar 95,8 %, dan bay trafo 3 memiliki tingkat akurasi sebesar 97,46 %. Tingkat akurasi bay trafo 3 lebih tinggi dikarenakan nilai emisivitas pada bay trafo 3 banyak yang mendekati SRM. Dapat ditinjau pada rata-rata nilai emisivitasnya. Namun secara keseluruhan bay trafo pada Gardu Induk 150 kV Bantul memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Artinya kondisi suhu perlatan pada klem dan konduktor nya masih dalam kondisi normal.

Berikut adalah tabel akurasi dan presisi pengukuran thermovisi bay trafo 2 pada bulan Februari 2018:

**Tabel 4.10.** Tabel akurasi dan presisi thermovisi bay trafo 2

No	Nama	Akurasi	Presisi
1	Bay Trafo 1	98,41 %	1,88 %
2	Bay Trafo 2	98,30 %	7,98 %
3	Bay Trafo 3	98,33 %	4,42 %



**Gambar 4.8.** Grafik akurasi dan presisi thermovisi

Terlihat bahwa bay trafo 1 mempunyai akurasi yang paling baik, dan presisi yang paling baik pula ke-1, dan bay trafo 2 mempunyai presisi yang paling buruk dan akurasi yang baik ke-3. Sedangkan bay trafo 3 mempunyai akurasi yang baik ke-2 dan presisi yang buruk ke-2.