

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, akan dibahas mengenai perhitungan pada pengukuran suhu menggunakan alat thermovisi, bagian yang diukur adalah bagian klem dan juga bagian konduktor pada trafo. Selanjutnya akan dihitung nilai dari emisivitas dari bagian klem dan juga konduktor. Setelah didapatkan hasil perhitungan, maka akan dilakukan tahap selanjutnya yaitu pengujian hasil pengukuran menggunakan thermovisi metode validasi analisis.

#### 4.1 Perhitungan Suhu Perbandingan Klem dan Konduktor



**Gambar 4. 1** Trafo Gardu Induk Kentungan

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk 150 kV kentungan. Data yang digunakan adalah data terbaru yaitu data bulan Agustus 2019. Hasil pengukuran dan pengambilan data dilakukan oleh teknisi Gardu Induk kentungan menggunakan alat ukur thermovisi dengan Merk SATIR D300. Data pengukuran tersebut diambil atau dilaksanakan rutin setiap satu bulan sekali. Pengukuran dilakukan pada pukul 18.00-19.00 pada kondisi cuaca cerah. Adapun titik pengukuran menggunakan thermovisi yang akan dianalisis adalah bagian sambungan yaitu bagian klem dan konduktor pada bay trafo 2, trafo 3 dan trafo 4. Pada gardu induk gardu induk kentungan, awalnya terdapat 4 trafo. Hanya saja pada saat ini trafo 1 sudah tidak digunakan lagi. Sehingga trafo yang berfungsi hanya trafo 2, trafo 3 dan trafo 4.

Dalam buku pedoman Pemeliharaan Trafo Tenaga PLN No. 0520-2.K/DIR/2014 dijelaskan bahwa untuk menghitung selisih suhu antara klem dan konduktor digunakan persamaan kriteria  $\Delta T$  (Delta-T). Perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$|\Delta T|_{\max} = (I_{\max} / I_{\text{beban}})^2 \times |\Delta T| \dots\dots\dots(4.1.)$$

Keterangan:

$|\Delta T|_{\max}$  : Selisih suhu saat beban tertinggi

$I_{\max}$  : Beban tertinggi yang pernah dicapai

$I_{\text{beban}}$  : Beban saat pengukuran

$|\Delta T|$  : Selisih suhu konduktor dan klem

Dalam Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tenaga PLN No. 0520-2.K/DIR/2014 (2014;70) dijelaskan juga keadaan serta langkah selanjutnya sesuai dengan tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4. 1** Parameter & Rekomendasi themovisi pada klem dan konduktor

No.	$\Delta T$ °c	Rekomendasi
1.	<10°c	Kondisi normal, pengukuran berikutnya dilakukan sesuai jadwal
2.	10°c - 25°c	Perlu dilakukan pengukuran satu bulan lagi
3.	25°c - 40°c	Perlu direncanakan perbaikan
4.	40°c - 70°c	Perlu dilakukan perbaikan segera
5.	>70°c	Kondisi darurat

Pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4 akan ditunjukkan perhitungan selisih suhu antara klem dan konduktor dari beberapa pengukuran, yaitu pengukuran pada bay trafo 2, bay trafo 3 dan bay trafo 4. Kondisi kurang dari 10°C pada pembahasan berikut ini disebutkan dengan kondisi baik.

**Tabel 4. 2** Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 2

Obyek / instalasi	Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus saat Shooting	Suhu Peralatan saat Shooting	Suhu onduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor (Delta Tm.)	Tindak Lanjut (Kondisi)
Center Tap bushing primer Phasa R	126	115		30	-36	BAIK
Center Tap bushing primer Phasa S	142	115		30	-46	BAIK
Center Tap bushing primer Phasa T	142	115		32	-49	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa R	911	879		31	-33	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa S	911	879		35	-38	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa T	911	879		33	-35	BAIK
- Center Tap bushing tertier Phasa R	911	879		33	-35	BAIK
- Center Tap bushing tertier Phasa S	911	879		32	-34	BAIK
- Center Tap bushing tertier Phasa T	911	879		33	-35	BAIK
- Body bushing Primer Phasa R	126	115	35	32	4	BAIK
- Body bushing Primer Phasa S	126	115	35	31	5	BAIK
- Body bushing Primer Phasa T	126	115	33	33	0	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa R	911	879	33	33	0	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa S	911	879	33	32	1	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa T	911	879	34	30	4	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa R	911	879	34	30	4	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa S	911	879	33	31	2	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa T	911	879	34	35	1	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa R	126	115	23	31	10	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa S	126	115	24	31	8	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa T	126	115	23	31	10	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa R	911	879	24	31	8	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa S	911	879	24	32	9	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa T	911	879	24	32	9	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa R	911	879	30	32	2	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa S	911	879	30	32	2	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa T	911	879	30	30	0	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	911	879	31	29	2	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	911	879	31	29	2	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	911	879	30	29	1	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	911	879		27	-29	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	911	879		27	-29	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	911	879		27	-29	BAIK

Dari tabel 4.2 dapat diketahui bahwa, pada kolom e merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus  $\Delta T$  (Delta T), dimana hasil perhitungan tersebut sedikit berbeda dari perhitungan manual yang dilakukan. Hal itu dikarenakan pada tabel yang didapat dari Gardu Induk 150 kV Kentungan, data tersebut dilakukan pembulatan pada hasil yang memiliki nilai di belakang koma. Tetapi secara garis besar nilainya masih sama. Perhitungan manual pada trafo 2 dapat dilihat pada point 4.1.1 berikut ini.

#### 4.1.1 Perhitungan Selisih Suhu Bay Trafo 2

Berikut ini terdapat beberapa perhitungan manual yang dilakukan menggunakan perhitungan persamaan kriteria  $\Delta T$  (Delta-T) pada bay trafo 2.

1. Body Bushing Primer Phasa R  

$$= \left( \frac{126 A}{115 A} \right)^2 \cdot (35^{\circ}C - 32^{\circ}C) = 3,6^{\circ}$$
2. Body Bushing Primer Phasa S  

$$= \left( \frac{126 A}{115 A} \right)^2 \cdot (35^{\circ}C - 31^{\circ}C) = 4,8^{\circ}C$$
3. Body Bushing Primer Phasa T  

$$= \left( \frac{126 A}{115 A} \right)^2 \cdot (33^{\circ}C - 33^{\circ}C) = 0^{\circ}C$$
4. Terminal Bushing Sekunder Phasa R  

$$= \left( \frac{911 A}{879 A} \right)^2 \cdot (24^{\circ}C - 31^{\circ}C) = 7,4^{\circ}C$$
5. Terminal Bushing Sekunder Phasa S  

$$= \left( \frac{911 A}{879 A} \right)^2 \cdot (24^{\circ}C - 32^{\circ}C) = 8,4^{\circ}C$$
6. Terminal Bushing Sekunder Phasa T  

$$= \left( \frac{911 A}{879 A} \right)^2 \cdot (24^{\circ}C - 32^{\circ}C) = 8,4^{\circ}C$$

Dari data tabel 4.2 dan data perhitungan manual, dapat diketahui bahwa klem dan konduktor pada Gardu Induk 150 kV Kentungan khususnya bay trafo 2 dalam kondisi yang sangat baik, perhitungan menggunakan rumus delta T hasilnya semua bagian pada trafo 2 berada pada suhu di bawah  $10^{\circ}C$ . Sesuai ketentuan yang diberikan oleh PLN, bahwa ketika suhu di bawah  $10^{\circ}C$  maka bagian tersebut berada pada kondisi yang baik.

**Tabel 4. 3** Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 3

Obyek / instalasi	Arus Tertinggi yang Pernah dicapai	Arus Saat Shooting	Suhu Peralatan saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor (Delta Tm.)	Tindak Lanjut (Kondisi)
<u>Bay Trafo 3 60 MVA</u>	$I_m^2 (A)$	$I_s^2 (A)$	$T_{kls} (C^o)$	$T_{kds} (C^o)$	( $C^o$ )	
Center Tap bushing primer Phasa R	136	136		27	-27	BAIK
Center Tap bushing primer Phasa S	136	136		26	-26	BAIK
Center Tap bushing primer Phasa T	136	136		26	-26	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa R	926	844		26	-31	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa S	926	844		27	-33	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa T	926	844		28	-34	BAIK
Center Tap bushing tertier Phasa R	926	844		26	-31	BAIK
Center Tap bushing tertier Phasa S	926	844		26	-31	BAIK
Center Tap bushing tertier Phasa T	926	844		26	-31	BAIK
- Body bushing Primer Phasa R	136	136	26	27	1	BAIK
- Body bushing Primer Phasa S	136	136	28	26	2	BAIK
- Body bushing Primer Phasa T	136	136	25	26	1	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa R	926	844	34	26	10	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa S	926	844	34	27	8	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa T	926	844	34	28	7	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa R	926	844	33	26	8	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa S	926	844	33	26	8	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa T	926	844	33	26	8	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa R	136	136	25	27	2	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa S	136	136	23	26	3	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa T	136	136	23	26	3	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa R	926	844	36	26	12	UKUR 1 BULAN LAGI
- Terminal Bushing sekunder Phasa S	926	844	36	27	11	UKUR 1 BULAN LAGI
- Terminal Bushing sekunder Phasa T	926	844	37	28	11	UKUR 1 BULAN LAGI
- Terminal Bushing tertier Phasa R	926	844	30	26	5	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa S	926	844	31	26	6	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa T	926	844	31	26	6	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	926	844	30	28	2	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	926	844	30	29	1	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	926	844	31	26	6	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	926	844		26	-31	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	926	844		26	-31	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	926	844		26	-31	BAIK

#### 4.1.2 Perhitungan Selisih Suhu Bay Trafo 3

Tabel 4.3 merupakan tabel pengukuran suhu klem dan konduktor pada trafo 3. Dalam perhitungan tersebut dilakukan pembulatan pada hasil perhitungan. Berikut ini merupakan perhitungan manual menggunakan persamaan kriteria  $\Delta T$  (Delta-T) pada beberapa bagian.

1. Body Bushing Primer Phasa R
$$= \left(\frac{136 A}{136 A}\right)^2 \cdot (26^\circ C - 27^\circ C) = -1^\circ C$$
2. Body Bushing Primer Phasa S
$$= \left(\frac{136 A}{136 A}\right)^2 \cdot (28^\circ C - 26^\circ C) = 2^\circ$$
3. Body Bushing Primer Phasa T
$$= \left(\frac{136 A}{136 A}\right)^2 \cdot (25^\circ C - 26^\circ C) = -1^\circ C$$
4. Thermanal Bushing Sekunder Phasa R
$$= \left(\frac{926 A}{844 A}\right)^2 \cdot (36^\circ C - 26^\circ C) = 11,9$$
5. Thermanal Bushing Sekunder Phasa S
$$= \left(\frac{926 A}{844 A}\right)^2 \cdot (36^\circ C - 27^\circ C) = 10,7$$
6. Thermanal Bushing Sekunder Phasa T
$$= \left(\frac{926 A}{844 A}\right)^2 \cdot (37^\circ C - 28^\circ C) = 10,$$

Data hasil perhitungan terhadap pengukuran thermovisi pada klem dan konduktor pada trafo 3 menggunakan Perhitungan  $\Delta T$  (Delta T). Sebagian besar bagian pada trafo 3 dalam kondisi yang baik, tetapi jika dibandingkan dengan bay trafo lain, yaitu bay trafo 2 dan bay trafo 4, trafo ini dalam kondisi yang kurang baik .

Karena terdapat 3 bagian, yaitu bagian Thermanal Bushing Sekunder baik pada Phasa R, Phasa S maupun Phasa T berada dalam kondisi yang kurang baik, ketika dilakukan pengukuran dan perhitungan, bagian tersebut menunjukkan suhu di atas  $10^\circ C$  lebih tepatnya yaitu  $12^\circ C$  pada phasa R,  $11^\circ C$  pada phasa S, dan  $11^\circ C$  pada Phasa T. Berdasarkan Ketentuan yang sudah ditetapkan bahwa ketika hasil perhitungan suhu berada pada *range* di atas  $10^\circ C$  sampai  $25^\circ C$  maka bagian tersebut perlu dilakukan pengukuran dalam kurun waktu 1 bulan lagi.

**Tabel 4. 4** Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo

Obyek / instalasi	Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus Saat Shooting	Suhu Peralatan Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem terhadap Konduktor Delta Tm.	Tindak Lanjut (Kondisi)
<u>Bay Trafo 4 60 MVA</u>	$I_m^2 (A)$	$I_s^2 (A)$	$T_{kls} (C^o)$	$T_{kds} (C^o)$	$(C^o)$	
Center Tap bushing primer Phasa R	198	198		34	-34	BAIK
Center Tap bushing primer Phasa S	198	198		34	-34	BAIK
Center Tap bushing primer Phasa T	198	198		35	-35	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa R	1412	1212		35	-48	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa S	1412	1212		35	-48	BAIK
Center Tap bushing sekunder Phasa T	1412	1212		35	-48	BAIK
Center Tap bushing tertier Phasa R	1412	1212		35	-48	BAIK
Center Tap bushing tertier Phasa S	1412	1212		35	-48	BAIK
Center Tap bushing tertier Phasa T	1412	1212		35	-48	BAIK
- Body bushing Primer Phasa R	198	198	23	32	9	BAIK
- Body bushing Primer Phasa S	198	198	23	33	10	BAIK
- Body bushing Primer Phasa T	198	198	22	32	10	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa R	1412	1212	38	32	8	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa S	1412	1212	38	33	7	BAIK
- Body bushing Sekunder Phasa T	1412	1212	38	31	10	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa R	1412	1212	33	32	1	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa S	1412	1212	33	31	3	BAIK
- Body bushing Tersier Phasa T	1412	1212	33	32	1	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa R	198	198	23	32	9	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa S	198	198	23	33	10	BAIK
- Terminal Bushing primer Phasa T	198	198	23	32	9	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa R	1412	1212	39	32	10	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa S	1412	1212	40	33	10	BAIK
- Terminal Bushing sekunder Phasa T	1412	1212	39	31	11	UKUR 1 BULAN LAGI
- Terminal Bushing tertier Phasa R	1412	1212	34	32	3	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa S	1412	1212	34	31	4	BAIK
- Terminal Bushing tertier Phasa T	1412	1212	35	32	4	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	1412	1212	32	32	0	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	1412	1212	33	32	1	BAIK
- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	1412	1212	32	32	0	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa R	1412	1212		32	-43	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa S	1412	1212		32	-43	BAIK
- Sepatu kabel Therminating kubikel incoming 20 KV Phasa T	1412	1212		32	-43	BAIK

### 4.1.3 Perhitungan Selisih Suhu Bay Trafo 4

Tabel 4.4 merupakan tabel pengukuran suhu klem dan konduktor pada trafo 4. Dalam perhitungan tersebut dilakukan pembulatan pada hasil perhitungan. Berikut ini merupakan perhitungan manual menggunakan persamaan kriteria  $\Delta T$  (Delta-T) pada beberapa bagian.

1. Body Bushing Primer Phasa R
$$= \left(\frac{198 A}{198 A}\right)^2 \cdot (23^\circ C - 32^\circ C) = 9^\circ C$$
2. Body Bushing Primer Phasa S
$$= \left(\frac{198 A}{198 A}\right)^2 \cdot (23^\circ C - 33^\circ C) = 10^\circ C$$
3. Body Bushing Primer Phasa T
$$= \left(\frac{198 A}{198 A}\right)^2 \cdot (22^\circ C - 32^\circ C) = 10^\circ$$
4. Terminal Bushing Sekunder Phasa R
$$= \left(\frac{1412 A}{1212 A}\right)^2 \cdot (39^\circ C - 33^\circ ) = 8,1^\circ C$$
5. Terminal Bushing Sekunder Phasa S
$$= \left(\frac{1412 A}{1212 A}\right)^2 \cdot (40^\circ C - 33^\circ C) = 9.45$$
6. Terminal Bushing Sekunder Phasa T
$$= \left(\frac{1412 A}{1212 A}\right)^2 \cdot (39^\circ C - 31^\circ C) = 10.8$$

Data di atas merupakan hasil pengukuran dan perhitungan terhadap pengukuran termovisi pada klem dan konduktor pada trafo 4 menggunakan Perhitungan  $\Delta T$  (Delta T). Sebagian besar bagian pada trafo 3 dalam kondisi yang baik. Jika dibandingkan dengan trafo yang lain, trafo ini berada dalam kondisi yang lebih baik jika dibandingkan dengan trafo 3, hanya saja jika dibandingkan dengan trafo 2, trafo ini berada pada kondisi yang kurang baik.

Keadaan tersebut di karena ketika dihitung menggunakan perhitungan Delta T meskipun kebanyakan hasilnya menunjukkan suhu di bawah  $10^\circ C$  yang berarti komponen tersebut berada pada kondisi yang sangat baik. Tetapi terdapat satu bagian, yaitu bagian terminal bushing sekunder tepatnya pada Phasa T berada pada kondisi yang kurang baik. Ketika dilakukan perhitungan bagian tersebut menunjukkan suhu sebesar  $11^\circ C$ . Berdasarkan Ketentuan yang sudah ditetapkan



bahwa ketika hasil pengukuran dan perhitungan ketika berada pada range di atas 10°C sampai 25 °C maka bagian tersebut perlu dilakukan pengukuran dalam kurun waktu 1 bulan lagi.

Berdasarkan data di atas, pada bagian Center Tap Bushing baik pada bagian primer, sekunder maupun tersier tepatnya bagian suhu peralatan pada bagian tersebut tidak diisi (berwarna hitam). Setelah ditanyakan kepada petugas gardu induk, dijelaskan bahwa pada awalnya center tap tetap diukur seperti bagian lainnya, tetapi semenjak pergantian SPV pada Gardu Induk 150 kV Kentungan center tap tidak dilakukan pengukuran lagi. Hal itu dikarenakan center tap posisinya berada pada di dalam, sehingga ketika diukur menggunakan thermovisi hasilnya tidak dapat akurat.

Untuk pengukuran pada center tap biasanya dilakukan bersamaan dengan perawatan pada Gardu induk dalam kondisi padam yaitu perawatan 2 tahunan. Dan walaupun terdapat anomali pada center tap, pasti akan terdapat tandatandanya. Seperti body bagian atas bushing suhunya bertambah secara signifikan atau memiliki suhu yang tinggi jika dibandingkan dengan phasa lainnya.

Untuk bagian Sepatu Kabel Terminating Kubikel Incoing juga tidak diukur menggunakan thermovisi dikarenakan letaknya di dalam, sebenarnya diukur untuk sekedar pengecekan. Hanya saja datanya tidak direkap oleh petugas Gardu Induk.

## **4.2 Perhitungan Nilai Emisivitas**

Menurut Himma Firdaus & Tri Widiyanti (2008:74) disebutkan bahwa emisivitas sebuah bahan merupakan rasio total energi yang dipancarkan oleh permukaan bahan terhadap energi yang dipancarkan oleh *black body* dengan panjang gelombang dan suhu yang sama. *Black body* seharusnya memiliki nilai emisivitas sama dengan 1, sementara objek lain memiliki nilai emisivitas kurang dari 1. Emisivitas merupakan besaran dimensional, emisivitas tidak memiliki satuan.

Kebanyakan permukaan bukan pemancar *black body*, tetapi mampu memancarkan beberapa bagian dari jumlah radiasi yang dapat dipancarkan oleh *black body*. Bagian tersebut dinamakan emisivitas. Dimana *black body* memiliki nilai emisivitas 1 pada semua panjang gelombang dan suhu. Jika benda tersebut mampu memancarkan 1/10 radiasi yang didapat dari suhu dan panjang gelombang sebuah *black body*, maka benda tersebut memiliki nilai emisivitas 0,1. Jika benda tersebut memancarkan ½ dari radiasi *black body* maka benda tersebut memiliki nilai emisivitas 0,5.

Dalam pengukuran suhu pada suatu material menggunakan alat ukur thermovisi, perlu dilakukan pengaturan nilai emisivitasnya sesuai dengan jenis material yang akan diukur. Tetapi nilai emisivitas suatu bahan tidak selalu sama meskipun memiliki material yang sama. Hal itu dikarenakan nilai emisivitas dipengaruhi oleh faktor lain.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan uji validasi, dalam pengukuran tersebut dibutuhkan *variable Coeffisien Variation* atau disingkat CV. Untuk mendapatkan *variable Coeffisien Variation* dibutuhkan nilai emisivitas. Seperti dijelaskan sebelumnya nilai emisivitas suatu bahan tidak selalu sama meskipun material yang digunakan adalah sama yaitu Alumunium, dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi nilai emisivitas tersebut.

Dari data yang didapat dari Gardu Induk 150 kV kentungan, nilai emisivitas pada titik pengukuran tidak direkap oleh teknisi, sehingga untuk mendapatkan nilai emisivitas digunakan perhitungan menggunakan rumus Hukum Stefan Boltzman tentang perpindahan kalor radiasi. Rumus perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

e = Emisivitas

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

T = Suhu Mutlak (K)

#### 4.2.1 Perhitungan Manual Nilai Emsivitas

Berikut beberapa perhitungan manual nilai emisivitas yang diambil dari sampel suhu dari bay trafo 2, bay trafo 3 dan bay trafo 4 pada bulan Agustus 2019.

1) Nilai Emisivitas Pada Suhu 26

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 301,15^\circ} = 0,5217$$

2) Nilai Emisivitas Pada Suhu 28

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

3) Nilai Emisivitas Pada Suhu 30

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

4) Nilai Emisivitas pada Suhu 32

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 305,} = 0,4$$

5) Nilai Emisivitas pada Suhu 34

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

6) Nilai Emisivitas pada Suhu 36

$$e = \frac{237}{(5,672 \times 10^{-8}) \cdot 309,15^\circ} = 0,4$$

#### 4.2.2 Perhitungan Nilai Emisivitas Pada Setiap Bay Trafo

Pada tabel 4.5 tentang pengukuran suhu pada trafo 2 menunjukkan hasil dari perhitungan nilai emisivitas dan hasil dari pengukuran suhu dengan menggunakan thermovisi pada bay trafo 2, bay trafo 3, bay trafo 4. Gardu induk 150 kV Kentungan pada bulan Agustus 2019.

**Tabel 4. 5** Pengukuran Suhu Pada Trafo 2

No.	Objek Instalasi Bay Trafo 2 60 MVA	Suhu Konduktor	Emisivitas
1	- Center Tap bushing primer Phasa R	30	0.4947
2	- Center Tap bushing primer Phasa S	30	0.4947
3	- Center Tap bushing primer Phasa T	32	0.4819
4	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	31	0.4882
5	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	35	0.4634
6	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	33	0.4756
7	- Center Tap bushing tertier Phasa R	33	0.4756
8	- Center Tap bushing tertier Phasa S	32	0.4756
9	- Center Tap bushing tertier Phasa T	33	0.4756
10	- Body bushing Primer Phasa R	32	0.4819
11	- Body bushing Primer Phasa S	31	0.4882
12	- Body bushing Primer Phasa T	33	0.4756
13	- Body bushing Sekunder Phasa R	33	0.4756
14	- Body bushing Sekunder Phasa S	32	0.4819
15	- Body bushing Sekunder Phasa T	30	0.4947
16	- Body bushing Tersier Phasa R	30	0.4947
17	- Body bushing Tersier Phasa S	31	0.4882
18	- Body bushing Tersier Phasa T	35	0.4634
19	- Terminal Bushing primer Phasa R	31	0.4882
20	- Terminal Bushing primer Phasa S	31	0.4882
21	- Terminal Bushing primer Phasa T	31	0.4882
22	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	31	0.4882
23	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	32	0.4819
24	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	32	0.4819
25	- Terminal Bushing tertier Phasa R	32	0.4819
26	- Terminal Bushing tertier Phasa S	32	0.4819
27	- Terminal Bushing tertier Phasa T	30	0.4947
28	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	29	0.5013
29	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	29	0.5013
30	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	29	0.5013
	Rata-rata	31.50	0.4850

Tabel 4.5 merupakan tabel hasil pengukuran termovisi pada trafo 2. Pengukuran suhu yang dihitung emisivitasnya adalah bagian konduktor, dikarenakan data pengukuran suhu klem pada bagian center tap bushing tidak diukur. Pada bagian center tap trafo baik bagian primer, sekunder maupun tersier tidak diukur. Hal itu dikarenakan bagian tersebut letaknya di dalam. Sehingga ketika diukur menggunakan termovisi maka hasilnya tidak akan akurat. Sedangkan pada sepatu kabel terminating kubikel incoming sebenarnya dilakukan pengukuran, hanya saja data hasil pengukuran tersebut tidak direkap oleh petugas Gardu Induk.

Dari tabel 4.5 dapat diketahui bahwa perangkat pada trafo 2 dalam kondisi yang baik. Hal itu berdasarkan keterangan dari petugas Gardu Induk bahwa, trafo batas maksimal suhu trafo adalah 85-90 °C. Ketika melebihi suhu tersebut, trafo dalam kondisi yang berbahaya. Dan dari hasil pengukuran bagian dengan suhu tertinggi pada trafo 2 terdapat pada body bushing tersier pada fasa T dengan suhu 35 °C. Sedangkan suhu terendah terdapat pada Sepatu Kabel terminating pada fasa R,S maupun T dengan suhu 29 °C. Dari pengukuran suhu pada trafo 2, suhu rata-rata didapat pada angka 31,5 °C.

Untuk nilai emisivitas, tidak semua bagian trafo tersebut dihitung nilai emisivitasnya. Dikarenakan untuk menghitung nilai emisivitas dibutuhkan nilai suhu pada bagian tersebut. Tetapi tidak semua bagian di ukur, sehingga tidak bisa dihitung nilai emisivitasnya. Untuk nilai emisivitas pada trafo 2, nilai emisivitasnya beragam, untuk nilai emisivitas terendah terdapat pada Body Bushing Tersier pada Fasa T dengan nilai emisivitas 0,4634. Sedangkan bagian dengan nilai terbesar terdapat pada bagian Terminal Kabel Incoming dengan nilai emisivitas 0,5013. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai emisivitas dari bagian-bagian trafo 2 mendekati parameter yang digunakan, yaitu Aluminium dengan nilai emisivitas setandar sebesar 0,5

**Tabel 4. 6** Pengukuran Suhu dan Perhitungan Emisivitas Pada Trafo 3

No.	Objek Instalasi Bay Trafo 3 60 MVA	Suhu Konduktor	Emisivitas
1	- Center Tap bushing primer Phasa R	27	0.5148
2	- Center Tap bushing primer Phasa S	26	0.5217
3	- Center Tap bushing primer Phasa T	26	0.5217
4	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	26	0.5217
5	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	27	0.5148
6	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	28	0.5080
7	- Center Tap bushing tertier Phasa R	26	0.5217
8	- Center Tap bushing tertier Phasa S	26	0.5217
9	- Center Tap bushing tertier Phasa T	26	0.5217
10	- Body bushing Primer Phasa R	27	0.5148
11	- Body bushing Primer Phasa S	26	0.5217
12	- Body bushing Primer Phasa T	26	0.5217
13	- Body bushing Sekunder Phasa R	26	0.5217
14	- Body bushing Sekunder Phasa S	27	0.5148
15	- Body bushing Sekunder Phasa T	28	0.5080
16	- Body bushing Tersier Phasa R	26	0.5217
17	- Body bushing Tersier Phasa S	26	0.5217
18	- Body bushing Tersier Phasa T	26	0.5217
19	- Terminal Bushing primer Phasa R	27	0.5148
20	- Terminal Bushing primer Phasa S	26	0.5217
21	- Terminal Bushing primer Phasa T	26	0.5217
22	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	26	0.5217
23	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	27	0.5148
24	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	28	0.5080
25	- Terminal Bushing tertier Phasa R	26	0.5217
26	- Terminal Bushing tertier Phasa S	26	0.5217
27	- Terminal Bushing tertier Phasa T	26	0.5217
28	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	28	0.5080
29	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	29	0.5013
30	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	26	0.5217
	Rata-rata	26.57	0.5178

Berdasarkan tabel 4.6 yaitu pengukuran suhu dan perhitungan emisivitas pada trafo 3. Pengukuran tersebut dilakukan pada 30 titik dari 33 titik yang ada, Alasannya karena pada Sepatu kabel Thermintaing Kubikel Incoming letaknya di dalam ruangan, sehingga ketika diukur data hasil pengukuran tidak direkap oleh petugas Gardu Induk.

Pada trafo 3 ini, setiap bagian memiliki besar suhu yang hampir sama. Suhu tertinggi terdapat pada bagian Sepatu kabel Therminating pada Phasa S dengan suhu 29°C. Sedangkan suhu terendah pada trafo 3 adalah sebesar 26 °C terdapat pada beberapa bagian yang terukur. Dari 30 pengukuran tersebut, Trafo 3 memiliki besar suhu rata-rata sebesar 26,57°C.

Pada bagian perhitungan emisivitas, besarnya nilai emisivitas bervariasi, dikarenakan dalam perhitungan emisivitas membutuhkan variabel pengukuran suhu. Sehingga, ketika suhu berubah maka nilai emisivitas juga ikut berubah. Dari data tersebut, bagian yang memiliki nilai emisivitas terbesar adalah bagian yang memiliki nilai suhu 26 °C dengan nilai emisivitas sebesar 0,5217. Sedangkan bagian yang memiliki nilai emisivitas terkecil adalah Sepatu kabel Therminating pada Phasa S dengan nilai emisivitas sebesar 0,5013 °C. Dari 30 percobaan tersebut memiliki nilai emisivitas rata-rata sebesar 0,5178. Besarnya nilai emisivitas pada setiap bagian trafo 3 ini sudah mendekati nilai emisivitas standar yang digunakan yaitu Aluminium dengan nilai emisivitas standar sebesar 0,5.

**Tabel 4. 7** Pengukuran Suhu Pada Trafo 4

No.	Objek Instalasi <u>Bay Trafo 4 60 MVA</u>	Suhu Konduktor(°C)	Emisivitas
1	- Center Tap bushing primer Phasa R	34	0.4694
2	- Center Tap bushing primer Phasa S	34	0.4694
3	- Center Tap bushing primer Phasa T	35	0.4634
4	- Center Tap bushing sekunder Phasa R	35	0.4634
5	- Center Tap bushing sekunder Phasa S	35	0.4634
6	- Center Tap bushing sekunder Phasa T	35	0.4634
7	- Center Tap bushing tertier Phasa R	35	0.4634
8	- Center Tap bushing tertier Phasa S	35	0.4634
9	- Center Tap bushing tertier Phasa T	35	0.4634
10	- Body bushing Primer Phasa R	32	0.4819
11	- Body bushing Primer Phasa S	33	0.4756
12	- Body bushing Primer Phasa T	32	0.4819
13	- Body bushing Sekunder Phasa R	32	0.4819
14	- Body bushing Sekunder Phasa S	33	0.4756
15	- Body bushing Sekunder Phasa T	31	0.4882
16	- Body bushing Tersier Phasa R	32	0.4819
17	- Body bushing Tersier Phasa S	31	0.4882
18	- Body bushing Tersier Phasa T	32	0.4819
19	- Terminal Bushing primer Phasa R	32	0.4819
20	- Terminal Bushing primer Phasa S	33	0.4756
21	- Terminal Bushing primer Phasa T	32	0.4819
22	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	32	0.4819
23	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	33	0.4756
24	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	31	0.4882
25	- Terminal Bushing tertier Phasa R	32	0.4819
26	- Terminal Bushing tertier Phasa S	31	0.4882
27	- Terminal Bushing tertier Phasa T	32	0.4819
28	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	32	0.4819
29	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	32	0.4819
30	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	32	0.4819
	Rata-rata	32.83	0.4768

Berdasarkan tabel 4.7 yaitu pengukuran suhu dan perhitungan emisvitas pada trafo 4. Percobaan dilakukan sebanyak 30 kali dari 33 titik yang ada. Alasannya sama dengan yang terjadi pada trafo 2 dan trafo 3.

Dari hasil pengukuran, yang dilakukan sebanyak 30 kali dari 33 titik yang ada, dapat diketahui bahwa besarnya suhu pada setiap bagian trafo berbeda-beda.



Nilai suhu terbesar terdapat pada bagian Center Tap Bushing baik pada kumparan primer, sekunder maupun tersier dengan suhu sebesar 35°C. Sedangkan bagian dengan suhu terendah berada pada nilai 32 °C. Dari 30 data pengukuran suhu tersebut, suhu pada Trafo 4 memiliki nilai suhu rata-rata sebesar 32,83°C.

Pada bagian pengukuran Thermovisi, bagian Center Tap dan Terminal Kubikel Incoming pada bagian klem tidak terdapat data pengukuran suhu, oleh karena itu penulis lebih memilih untuk menghitung bagian Konduktor saja. Dikarenakan untuk menghitung nilai emisivitas dibutuhkan variabel pengukuran suhu. Sedangkan bagian tersebut nilai suhunya tidak ada. Dari hasil perhitungan, bagian Trafo 4 yang memiliki nilai emisivitas terbesar dengan nilai emisivitas sebesar 0,4819. Sedangkan bagian yang memiliki nilai emisivitas terendah adalah Center Tap Bushing dengan nilai emisivitas sebesar 0,4636. Dari 30 Percobaan tersebut, memiliki nilai Emisivitas rata-rata sebesar, 0,4768. Berdasarkan data tersebut nilai emisivitas pada Trafo 4 sudah mendekati standar emisivitas yang digunakan, yaitu Aluminium dengan nilai emisivitas sebesar 0,5

Berdasarkan ketiga tabel tersebut yaitu tabel 4.6, tabel 4.6 dan tabel 4.7 dapat diketahui bahwa, ketika suhu pada konduktor mengalami kenaikan, maka nilai emisivitas pada konduktor tersebut akan menurun, dan ketika suhu pada bagian tersebut mengalami penurunan suhu, maka nilai emisivitas pada bagian tersebut mengalami kenaikan. Dari keadaan tersebut dapat dinyatakan bahwa ketika suhu pada konduktor mengalami kenaikan maka kemampuan konduktor tersebut untuk meradiasikan sinar inframerah dari alat thermovisi akan semakin berkurang dikarenakan ketika konduktor tersebut mengalami panas yang berlebihan, maka kemampuan bahan dari klem tersebut untuk menyerap sinar inframerah tidak cukup baik.

### 4.3 Validasi Metode

Menurut Himma Firdaus & Tri Widiyanti (2008:75) disebutkan bahwa validasi merupakan pengujian beserta pengadaan bukti yang objektif dimana persyaratan tertentu untuk maksud tertentu dapat dipenuhi. Tujuan utama dari suatu pengujian laboratorium adalah menghasilkan data hasil uji yang valid. Hasil uji yang valid dapat digambarkan bahwa hasil uji tersebut mempunyai presisi (*precision*) dan akurasi (*accuracy*) yang baik. Metode uji mempunyai peranan penting untuk mendapatkan hasil uji yang memiliki nilai presisi dan akurasi yang baik.

Dari hasil perhitungan nilai emisivitas di atas, maka dapat dilakukan tahap selanjutnya yaitu pengujian, pengujian yang harus dilakukan adalah uji validasi untuk menganalisis presisi dan keakuratan dari sebuah hasil pengukuran.

#### 4.3.1 Uji Presisi

Menurut Ibrahim Ahmad Atawani (2018:59) Uji Presisi merupakan derajat kesesuaian antara hasil pengukuran yang dihitung berdasarkan nilai *standard reference material* (SRM). SRM yang digunakan adalah emisivitas Aluminium dengan nilai emisivitas sebesar 0,5. Pengujian presisi ini biasanya dinyatakan dengan *Coefficient Of Variation* (CV). Jika hasil Uji presisi ini <2% (kurang dari 2%), maka dapat dinyatakan bahwa metode tersebut memiliki tingkat presisi yang baik.

Untuk menentukan nilai *Coefficient Of Variation* (CV) maka dibutuhkan nilai *Standard Deviation* (RSD). Dalam penelitian ini digunakan sebanyak 30 sampel. Pada setiap bay trafo. Di bawah ini terdapat tabel yang digunakan dalam menentukan nilai *Coefficient Variation* (CV). Pada tabel 4.8, 4.9 dan 4.10 berikut ini akan di tampilkan tabel perhitungan nilai *Coefficient Of Variation* (CV).

**Tabel 4. 8** Perhitungan nilai Koefisien Variasi (CV) bay Trafo 2

No.	Nama Obyek	$x$	A	$(x - a)$	
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	0.4947	0.4849	0.0098	0.00009604
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	0.4947	0.4849	0.0098	0.00009604
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	0.4819	0.4849	-0.003	0.00000900
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	0.4634	0.4849	-0.0215	0.00046225
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	0.4756	0.4849	-0.0093	0.00008649
7	- Center Tap bushing tertier Phasa R	0.4756	0.4849	-0.0093	0.00008649
8	- Center Tap bushing tertier Phasa S	0.4756	0.4849	-0.0093	0.00008649
9	- Center Tap bushing tertier Phasa T	0.4756	0.4849	-0.0093	0.00008649
10	- Body bushing Primer Phasa R	0.4819	0.4849	-0.0030	0.00000900
11	- Body bushing Primer Phasa S	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
12	- Body bushing Primer Phasa T	0.4756	0.4849	-0.0093	0.00008649
13	- Body bushing Sekunder Phasa R	0.4756	0.4849	-0.0093	0.00008649
14	- Body bushing Sekunder Phasa S	0.4819	0.4849	-0.0030	0.00000900
15	- Body bushing Sekunder Phasa T	0.4947	0.4849	0.0098	0.00009604
16	- Body bushing Tersier Phasa R	0.4947	0.4849	0.0098	0.00009604
17	- Body bushing Tersier Phasa S	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
18	- Body bushing Tersier Phasa T	0.4634	0.4849	-0.0215	0.00046225
19	- Terminal Bushing primer Phasa R	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
20	- Terminal Bushing primer Phasa S	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
21	- Terminal Bushing primer Phasa T	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
22	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	0.4882	0.4849	0.0033	0.00001089
23	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	0.4819	0.4849	-0.0030	0.00000900
24	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	0.4819	0.4849	-0.0030	0.00000900
25	- Terminal Bushing tertier Phasa R	0.4819	0.4849	-0.0030	0.00000900
26	- Terminal Bushing tertier Phasa S	0.4819	0.4849	-0.0030	0.00000900
27	- Terminal Bushing tertier Phasa T	0.4947	0.4849	0.0098	0.00009604
28	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	0.5013	0.4849	0.0164	0.00026896
29	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	0.5013	0.4849	0.0164	0.00026896
30	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	0.5013	0.4849	0.0164	0.00026896
	$\sum (x - a)^2$				0.00286975
	$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - a)^2}{n - 1}}$				0.005232854
	$CV = \frac{\text{Standard Devitition}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$				1,98%

**Tabel 4. 9** Perhitungan nilai Koefisien Variasi (CV) bay Trafo 3

No.	Nama Obyek	$x$	$a$	$(x - a)$	
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	0.5148	0.5178	-0.003	0.0000900
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	0.5148	0.5178	-0.003	0.0000900
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	0.5080	0.5178	-0.0098	0.00009604
7	- Center Tap bushing tertier Phasa R	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
8	- Center Tap bushing tertier Phasa S	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
9	- Center Tap bushing tertier Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
10	- Body bushing Primer Phasa R	0.5148	0.5178	-0.0030	0.0000900
11	- Body bushing Primer Phasa S	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
12	- Body bushing Primer Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
13	- Body bushing Sekunder Phasa R	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
14	- Body bushing Sekunder Phasa S	0.5148	0.5178	-0.0030	0.0000900
15	- Body bushing Sekunder Phasa T	0.5080	0.5178	-0.0098	0.00009604
16	- Body bushing Tersier Phasa R	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
17	- Body bushing Tersier Phasa S	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
18	- Body bushing Tersier Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
19	- Terminal Bushing primer Phasa R	0.5148	0.5178	-0.0030	0.0000900
20	- Terminal Bushing primer Phasa S	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
21	- Terminal Bushing primer Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
22	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
23	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	0.5148	0.5178	-0.0030	0.0000900
24	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	0.5080	0.5178	-0.0098	0.00009604
25	- Terminal Bushing tertier Phasa R	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
26	- Terminal Bushing tertier Phasa S	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
27	- Terminal Bushing tertier Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
28	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	0.5080	0.5178	-0.0098	0.00009604
29	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	0.5013	0.5178	-0.0165	0.00027225
30	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	0.5217	0.5178	0.0039	0.00001521
$\sum (x - a)^2$					0.00079410
$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - a)^2}{n - 1}}$					0.005232854
$CV = \frac{Standard\ Devitition}{Nilai\ SRM} \times 100\%$					1.05%

**Tabel 4. 10** Perhitungan nilai Koefisien Variasi (CV) bay Trafo 4

No.	Nama Obyek	$x$	$a$	$(x - a)$	$(x - a)^2$
1	Center Tap Bushing Primer Phasa R	0.4694	0.4768	-0.0074	0.00005476
2	Center Tap Bushing Primer Phasa S	0.4694	0.4768	-0.0074	0.00005476
3	Center Tap Bushing Primer Phasa T	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
4	Center Tap Bushing Sekunder Phasa R	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
5	Center Tap Bushing Sekunder Phasa S	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
6	Center Tap Bushing Sekunder Phasa T	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
7	- Center Tap bushing tertier Phasa R	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
8	- Center Tap bushing tertier Phasa S	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
9	- Center Tap bushing tertier Phasa T	0.4634	0.4768	-0.0134	0.00017956
10	- Body bushing Primer Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
11	- Body bushing Primer Phasa S	0.4756	0.4768	-0.0012	0.00000144
12	- Body bushing Primer Phasa T	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
13	- Body bushing Sekunder Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
14	- Body bushing Sekunder Phasa S	0.4756	0.4768	-0.0012	0.00000144
15	- Body bushing Sekunder Phasa T	0.4882	0.4768	0.0114	0.00012996
16	- Body bushing Tersier Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
17	- Body bushing Tersier Phasa S	0.4882	0.4768	0.0114	0.00012996
18	- Body bushing Tersier Phasa T	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
19	- Terminal Bushing primer Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
20	- Terminal Bushing primer Phasa S	0.4756	0.4768	-0.0012	0.00000144
21	- Terminal Bushing primer Phasa T	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
22	- Terminal Bushing sekunder Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
23	- Terminal Bushing sekunder Phasa S	0.4756	0.4768	-0.0012	0.00000144
24	- Terminal Bushing sekunder Phasa T	0.4882	0.4768	0.0114	0.00012996
25	- Terminal Bushing tertier Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
26	- Terminal Bushing tertier Phasa S	0.4882	0.4768	0.0114	0.00012996
27	- Terminal Bushing tertier Phasa T	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
28	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa R	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
29	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa S	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
30	- Sepatu kabel Therminating 20 KV Phasa T	0.4819	0.4768	0.0051	0.00002601
	$\sum (x - a)^2$				0.00223017
	$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - a)^2}{n - 1}}$				<b>0.008769402</b>
	$CV = \frac{\text{Standard Devittion}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$				1.75%

Berdasarkan tabel 4.8 dapat diketahui bahwa bay trafo 2 memiliki nilai emisivitas rata-rata sebesar 0,4849. Nilai tersebut sudah mendekati nilai SRM yang digunakan yaitu sebesar 0,5. Dari perhitungan di atas didapatkan nilai *Coefficient Of Variation* (CV) sebesar 1,98%. Pada pembahasan sebelumnya dijelaskan bahwa dalam uji presisi nilai CV harus <2%. Berdasarkan nilai tersebut CV bay trafo 2 sudah memenuhi tingkat presisi yang baik dan dapat disimpulkan bahwa peralatan pada Trafo 2 secara keseluruhan dalam kondisi yang baik.

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diketahui bahwa, trafo 3 memiliki nilai emisivitas rata-rata sebesar 0,5178. Nilai tersebut dapat dikatakan baik dikarenakan nilai tersebut mendekati nilai SRM yang digunakan yaitu 0,5. Pada trafo 3 ini memiliki nilai CV yang lebih baik jika dibandingkan dengan trafo 2. Dikarenakan hasil perhitungan nilai CV pada trafo 3 lebih kecil. Dimana nilai *Coefficient Variation* (CV) standard adalah <2%. Dan nilai SRM dari trafo 3 adalah sebesar 1,05 %. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa bay trafo 3 memiliki tingkat presisi yang cukup baik.

Berdasarkan tabel 4.10 tentang perhitungan CV pada trafo 4, dapat diketahui bahwa bay trafo 3 memiliki nilai emisivitas rata-rata sebesar 0,4768. Berdasarkan data tersebut, nilai emisivitas rata-rata trafo 4 memang lebih buruk dibanding trafo 3, dan trafo 2. Tetapi, Nilai tersebut masih dikatakan baik, dikarenakan nilai tersebut sudah mendekati nilai SRM yang digunakan yaitu sebesar 0,5. Begitu juga dengan hasil perhitungan CV, dimana trafo 4 mempunyai nilai presisi sebesar 1,6%. Dari data tersebut trafo 4 masih memiliki nilai CV <2%. Yang berarti bay trafo 4 memiliki tingkat presisi yang baik.

Dari pembahasan tersebut, setiap bay trafo memiliki nilai emisivitas yang berbeda-beda. Ada bagian yang memiliki nilai emisivitas di atas *Standar Reference Material* (SRM) yaitu 0,5 dan ada juga yang memiliki nilai di bawah SRM. Hal itu dikarenakan banyak faktor yang dapat membuat nilai emisivitas suatu bahan berbeda dengan nilai SRM. seperti keadaan lingkungan, suhu pembiasan dari material dan suhu dari permukaan tersebut.

### 4.3.2 Uji Akurasi

Menurut Ibrahim Ahmad Atawani (2018:66) uji akurasi merupakan ukuran yang digunakan untuk menunjukkan derajat kedekatan antara hasil analisis dengan *Standar Reference Material* (SRM) yang sebenarnya. Bias hasil uji dari metode uji yang dilakukan terhadap nilai SRM menggambarkan seberapa tinggi akurasi dari metode uji tersebut. Nilai bias dapat dihitung menggunakan persamaan 4.2 berikut ini :

$$\% \text{ Bias} = \frac{\alpha - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

- % bias = Persentase Nilai Bias
- $\alpha$  = Nilai rata-rata emisivitas
- Nilai SRM = Nilai *Standard Reference Material* (SRM)

Berikut merupakan perhitungan bias dari ketiga bay trafo tersebut, yaitu trafo 2, trafo 3 dan trafo 4

#### 1. Akurasi Bay Trafo 2

$$\begin{aligned} \% \text{ Bias} &= \frac{\alpha - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,4849 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 3,02 \% \end{aligned}$$

Maka nilai akurasinya adalah  $100 \% - 3,02 \% = 96,98 \%$

#### 2. Akurasi Bay Trafo 3

$$\begin{aligned} \% \text{ Bias} &= \frac{\alpha - \text{Nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,5178 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 3,56 \% \end{aligned}$$

Maka nilai akurasinya adalah  $100 \% - 3,34 \% = 96,44 \%$

#### 3. Akurasi Bay Trafo 4

$$\begin{aligned} \% \text{ Bias} &= \frac{\alpha - \text{Nil SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \\ &= \frac{0,4768 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 4,64 \% \end{aligned}$$

Maka nilai akurasinya adalah  $100 \% - 4,64 \% = 95,36 \%$

Berdasarkan perhitungan pada sub bab 4.3.2, dapat diketahui bahwa bay Trafo 2 memiliki tingkat akurasi yang paling baik dibanding dengan bay trafo lain dengan nilai akurasi sebesar 96,98%. Trafo 2 memiliki tingkat akurasi paling baik dikarenakan nilai rata-rata emisivitas pada bay trafo 2 paling mendekati dengan nilai SRM yaitu sebesar 0,5. Selanjutnya disusul oleh bay trafo 3 dengan tingkat akurasi sebesar 96,44%. Hal itu dikarenakan nilai emisivitas rata-rata pada bay trafo 3 lebih kecil dibanding dengan bay trafo 2, tetapi masih lebih besar dibanding bay trafo 4.

Pada trafo 4, jika dibandingkan dengan bay trafo yang lain yaitu trafo 2 dan trafo 3, trafo ini memiliki tingkat akurasi yang paling kecil yaitu sebesar 95,36%. Hal itu dikarenakan nilai emisivitas rata-rata pada trafo ini lebih kecil jika dibanding dengan yang lain yaitu sebesar 0,4768. Tetapi dengan nilai tersebut, trafo 4 masih dikatakan memiliki tingkat akurasi yang baik. Tabel akurasi dan presisi thermovisi dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini.

**Tabel 4. 11** Tabel Akurasi dan Presisi thermovisi

No.	Nama	Akurasi	Presisi
1	Bay Trafo 2	96,98 %	1,98 %
2	Bay Trafo 3	96,44 %	1,05 %
3	Bay Trafo 4	95,36 %.	1,75 %

Dari tabel 4.11 dapat diketahui bahwa bay trafo 2 memiliki tingkat akurasi yang paling baik jika dibandingkan dengan bay trafo lain, yaitu trafo 3 dan trafo 4. Sedangkan untuk bay trafo 3 memiliki tingkat presisi yang cukup baik, hanya saja tidak sebaik pada bay trafo 2. Tetapi untuk tingkat presisi, bay trafo 3 merupakan yang paling baik di antara trafo lain. Untuk trafo 4 memiliki tingkat akurasi yang kurang baik jika dibandingkan dengan kedua bay trafo lainnya. Tetapi, tingkat presisi trafo 4 lebih baik jika dibanding dengan trafo 2.

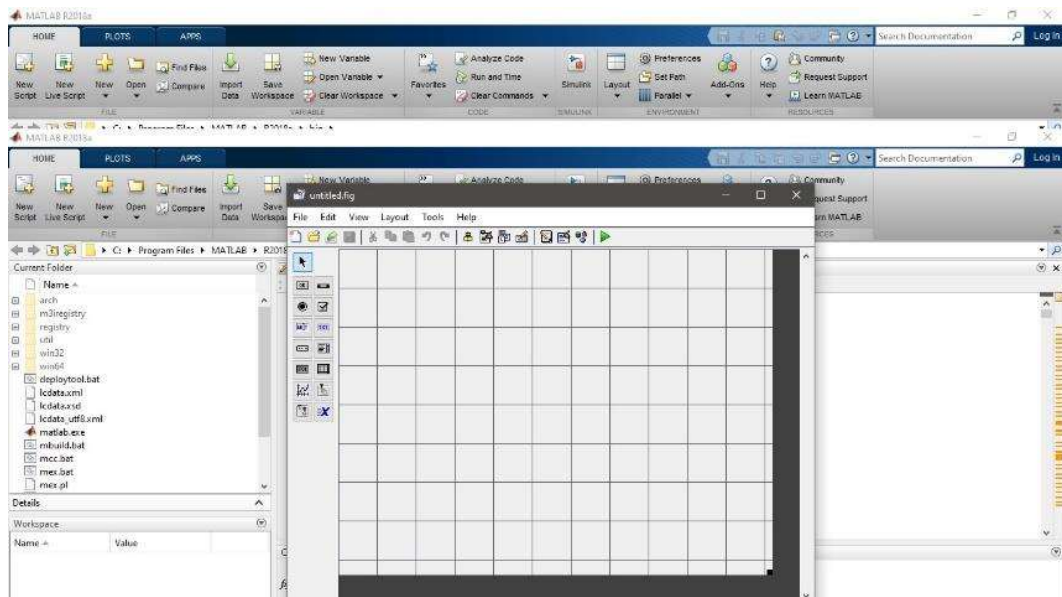


#### 4.4 Perancangan Aplikasi Kalkulator Thermovisi

Dalam penelitian ini, penulis merancang aplikasi kalkulator sederhana, menggunakan Matlab . Tujuannya yaitu untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan nilai Selisih suhu serta validasi dari hasil pengukuran thermovisi. Dalam pembuatannya, penulis menggunakan program matlab tipe GUI ( *Graphic User Interface* ). Alasan menggunakan GUI karena lebih mudah dalam pembuatan serta lebih mudah penggunaanya dalam mengoperasikan program yang telah dibuat. Karena tujuannya untuk mempermudah, maka penulis membuat program sesederhana mungkin agar pengguna lebih mudah dalam menggunakannya.

##### 4.4.1 Membuat Desain Aplikasi

Aplikasi ini dibuat menggunakan matlab Guide (*GUI Creator*) Pemrograman GUI berbeda dengan pemrograman yang lain, dalam pembuatannya *user* membuat desain aplikasi terlebih dahulu, baru kemudian dilakukan pemrograman. Dalam pembuatan desain digunakan menu *handles*, beberapa *handles* yang digunakan antara lain *edit text*, *static text*, *push button*, *Pop-up menu*, *Panel*. Tampilan awal dari Program GUI Matlab akan di perlihatkan pada gambar 4.3 berikut ini.

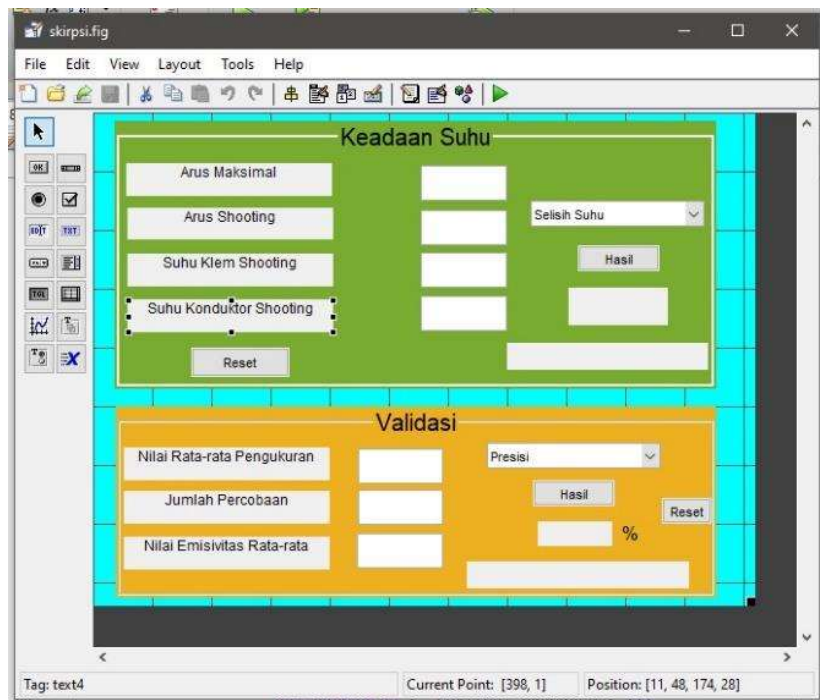


Gambar 4. 2 Tampilan Awal GUI

Pada sebelah kiri layar terdapat berbagai *handles* yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi. Bagian tengah untuk membuat desain aplikasi. Caranya yaitu dengan mengklik *handles* kemudian meletakkannya ke bagian tengah layar. Beberapa *handles* yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini adalah sebagai berikut:

- a. *Edit text* : digunakan sebagai *input*.
- b. *Static text* : digunakan untuk memberi nama pada pengukuran serta sebagai *output* perhitungan.
- c. *Pop-up Menu* : digunakan sebagai operator untuk memilih perhitungan yang dijalankan.
- d. *Push Button* : digunakan sebagai tombol untuk menjalankan Program.

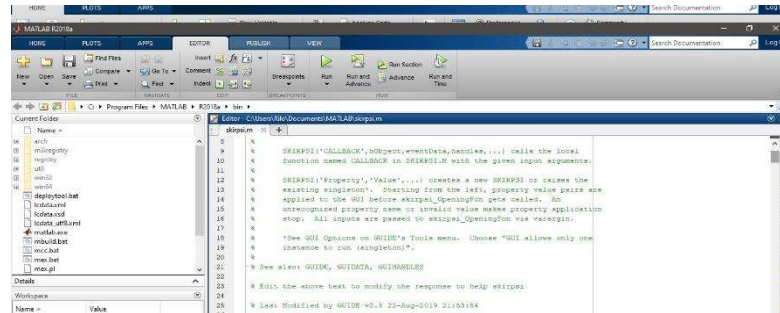
Gambar 4.4 berikut ini merupakan tampilan dari program yang dibuat menggunakan pemrograman GUI



**Gambar 4. 3** Desain Gui

#### 4.4.2 Source Code

Setelah desain selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah memasukan *source code*. Fungsinya yaitu untuk membuat aplikasi dapat berjalan sesuai dengan keinginan pengguna. Untuk dapat memasukan *source code*, maka klik menu editor yang ada pada bagian atas layar. Maka matlab akan secara otomatis membuat blok code seperti 4.5 berikut ini



Gambar 4. 4 Blok Code

Dalam program ini, program dibuat menjadi 2 bagian, yaitu bagian 1 yang berisi tentang perhitungan selisih suhu dan nilai emisivitas dan bagian 2 yang berisi tentang validasi, yaitu presisi dan akurasi. Berikut merupakan pemrograman pada aplikasi perhitungan thermovisi

##### a. Program Bagian 1

Dalam program bagian 1 menggunakan push button 1 yang diberi nama Hasil, *push button* ini digunakan sebagai tombol untuk menjalankan program. Maka dari itu program diletakkan pada push botton 1. Klik kanan pada Push button 1, kemudian pilih *callback*, kemudian masukan *source code* seperti gambar 4.5 berikut ini.

```

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
angka1 = get(handles.edit1, 'string');
angka1 = str2num(angka1);
angka2 = get(handles.edit2, 'string');
angka2 = str2num(angka2);
angka3 = get(handles.edit3, 'string');
angka3 = str2num(angka3);
angka4 = get(handles.edit4, 'string');
angka4 = str2num(angka4);

operator = get(handles.popupmenu1, 'value');

```

**Gambar 4. 5** Source Code Konversi Input

Untuk menjalankan perhitungan matematika, matlab membutuhkan data berupa angka (*number*), sedangkan data *input* masih berupa *string*. Maka dari itu *Source code* di atas digunakan untuk mengubah data *string* menjadi *number*.

Kemudian, pada program bagian 1 pada *pop-up menu* terdapat 2 *value*, yaitu:

1. Operator 1 (Selisih Suhu) untuk perhitungan Selisih Suhu
2. Operator 2 (Emisivitas) untuk perhitungan Emisivitas

Untuk menggunakan menjalankan operator di atas digunakan program *IF* dan *Else*, operator 1 digunakan sebagai pilihan utama, sedangkan operator 2 digunakan sebagai pilihan kedua. Gambar 4.6 berikut ini merupakan *source code* pada *value* 1:

```

if operator == 1
    hasil = ((angka1 / angka2) * (angka1 / angka2)) * (angka4 -
    angka3);
    if hasil <= 10
        set(handles.text8, 'string', 'Kondisi Baik ');
    elseif hasil <= 25 && hasil >= 11
        set(handles.text8, 'string', 'Dilakukan pengukuran lagi
    ');
    elseif hasil <= 40 && hasil >= 26
        set(handles.text8, 'string', 'Direncanakan Perbaikan ');
    elseif hasil <= 70 && hasil >= 41
        set(handles.text8, 'string', 'Dilakukan Perbaikan Segera
    ');
    else hasil >= 71
        set(handles.text8, 'string', 'Darurat ');
    end

```

**Gambar 4. 6** Source Code Nilai Masukkan Selisih Suhu

Ketika yang operator 1 dipilih Pada program tersebut maka perhitungan selisih suhu akan berjalan, *user* harus memasukan (*input*) nilai pada kolom yang disediakan. Kemudian ketika hasil perhitungan keluar maka akan kondisi dari peralatan tersebut juga akan ditampilkan. Untuk menampilkan kondisi peralatan digunakan juga program *If* dan *Else*.

Dalam program *IF* dan *Else*, ketika kondisi 1 terpenuhi maka *statements* yang terdapat di dalamnya akan dieksekusi, tetapi jika kondisi 1 tidak terpenuhi maka akan dilakukan pengecekan ke kondisi 2 sampai dengan kondisi ke n. Tetapi jika sampai ke kondisi n tetapi *statement* tidak terpenuhi maka kondisi *else* yang akan di jalankan. Gambar 4.7 berikut ini merupakan *source code* pada *value 2*.

```
else operator == 2
    hasil = 237 / (0.00000005672 * ((angka3 + 273.15) *
    (angka3 + 273.15) * (angka3 + 273.15)));
    if hasil>=0.5
        set(handles.text8, 'string', 'Nilai Emisivitas Baik
    ');
    elseif hasil>0.4
        set(handles.text8, 'string', 'Nilai Mendekati SRM ');
    else
        set(handles.text8, 'string', 'Darurat ');
    end;
end
```

**Gambar 4. 7** *Source Code* Nilai Emisivitas

Ketika operator 2 di pilih maka *source code* pada gambar 4.7 akan dijalankan, di atas merupakan *source code* untuk perhitungan emisivitas. Kemudian di bawahnya terdapat *source code* untuk menentukan kondisi nilai emisivitas pada suatu bahan. *Source code* tersebut juga menggunakan percabangan *IF* dan *Else*.

Dalam pemrograman GUI, data yang ditampilkan masih berupa *string*. Sedangkan untuk perhitungan matlab membutuhkan data dalam bentuk angka (*number*). Oleh sebab itu untuk menampilkan hasil diperlukan *source code* untuk mengkonversi data *number* menjadi data *string*. Gambar 4.8 berikut ini merupakan *source code* untuk mengkonversi data angka menjadi *string*.

```
hasil2=num2str(hasil2);  
set(handles.text12, 'string', hasil2);
```

**Gambar 4. 8** *Source Code Konversi Output*

#### **b. Program Bagian 2**

Program ini dibuat menjadi 2 bagian, tujuannya adalah untuk memudahkan dalam penggunaannya. Bagian 1 digunakan untuk perhitungan nilai emisivitas dan Selisih suhu, sedangkan bagian 2 digunakan untuk perhitungan validasi, yaitu perhitungan akurasi dan presisi.

Sama halnya dengan program 1, program 2 juga menggunakan *pop up menu* sebagai operator. Operator tersebut digunakan untuk memilih antara perhitungan presisi atau perhitungan akurasi. Untuk memilih untuk menjalankan program presisi atau akurasi digunakan percabangan *IF* dan *Else*. Gambar 4.9 Berikut merupakan *source code* pada bagian 2.

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)  
angka5 = str2num(get(handles.edit5, 'string'));  
angka6 = str2num(get(handles.edit6, 'string'));  
angka7 = str2num(get(handles.edit7, 'string'));  
  
operator = get(handles.popupmenu2, 'value');
```

**Gambar 4. 9** *Source Code Konversi Input*

Seperti dijelaskan sebelumnya jika data *input* masih berupa *string*, sedangkan untuk menjalankan perhitungan matematika matlab memerlukan data berbentuk angka. Maka dari itu diperlukan *source code* untuk mengubah data *string* menjadi angka menggunakan perintah `str2num`. Gambar 4.10 dan gambar 4.12 berikut merupakan *source code* yang digunakan untuk perhitungan presisi dan akurasi.

```
if operator == 1  
    hasil2 = ((sqrt(angka5 / (angka6 - 1))) / 0.5) * 100  
    if hasil2 <= 2  
        set(handles.text13, 'string', 'Nilai Presisi Baik');  
    else hasil2 > 2  
        set(handles.text13, 'string', 'Nilai Presisi Buruk ');
```

**Gambar 4. 10** *Source Code Perhitungan Tingkat Presisi*

```

else operator == 2
    x = ((angka7 - 0.5) / 0.5) * 100
    hasil2 = 100 + x
    if hasil2 >= 90
        set(handles.text13, 'string', 'Tingkat Akurasi Baik');
    else hasil2 < 90
        set(handles.text13, 'string', 'Tingkat Akurasi Buruk');
    end
end
end

```

**Gambar 4. 11** *Source Code* Perhitungan Tingkat Akurasi

Pada gambar 4.11 Merupakan *Source code* perhitungan tingkat presisi, program tersebut akan berjalan ketika tombol hasil di tekan dan operator menggunakan pilihan 1 (presisi). Sedangkan *source code* untuk perhitungan tingkat akurasi akan berjalan ketika operator dalam kondisi 2 (akurasi). Selanjutnya untuk menampilkan kondisinya digunakan percabangan If dan Else.

Data dari hasil perhitungan merupakan data dalam bentuk *number*, sedangkan matlab hanya mampu menampilkan program dalam bentuk *string*, maka dari itu diperlukan konversi dari *number* ke *string*. Gambar 4.12 Berikut ini merupakan *Source code* untuk mengkonversi data *number* ke *string*.

```

hasil2=num2str(hasil2);
set(handles.text12, 'string', hasil2);

```

**Gambar 4. 12** *Source Code* Konversi Output

Selanjutnya, digunakan tombol reset, tujuan dibuat tombol *reset* adalah agar *user* tidak perlu menghapus semua data yang ada satu persatu secara manual. Gambar 4.13 berikut ini merupakan *source code* pada tombol reset.

```

function pushbutton4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
set(handles.text12, 'string', '0.') ;
set(handles.edit5, 'string', '') ;
set(handles.edit6, 'string', '') ;
set(handles.edit7, 'string', '') ;
set(handles.text13, 'string', '') ;

```

**Gambar 4. 13** *Source Code* Tombol Reset

Gambar 4.14 berikut ini merupakan tampilan dari aplikasi pengukuran thermovisi ketika dijalankan.

The screenshot shows a MATLAB application window titled 'skirpsi'. It contains two main panels. The top panel, 'Keadaan Suhu', displays four input fields: 'Arus Maksimal' (126), 'Arus Shooting' (115), 'Suhu Klem Shooting' (32), and 'Suhu Konduktor Shooting' (35). It also features a 'Selisih Suhu' dropdown menu, a 'Reset' button, and a 'Hasil' button. The result '3.6014' is shown in a text box, and a 'Kondisi Baik' status is displayed at the bottom. The bottom panel, 'Validasi', shows 'Nilai Rata-rata Pengukuran' (0.000816328), 'Jumlah Percobaan' (19), and 'Nilai Emisivitas Rata-rata' (0.4916). It includes a 'Presisi' dropdown menu, a 'Reset' button, and a 'Hasil' button. The result '1.3469 %' is shown in a text box, and a 'Nilai Presisi Baik' status is displayed at the bottom.

**Gambar 4. 14** Tampilan Keluaran Hasil

Untuk menjalankan aplikasi, tekan tombol *run* pada program matlab, kemudian *user* diminta untuk mengisi data yang ada. Sudah dijelaskan di atas, bahwa program ini dibuat menjadi 2 bagian. Program di atas menampilkan hasil secara rinci, sedangkan program yang di dapat dari Gardu Induk 150kV Kentungan merupakan hasil pembulatan.

Sebelum mengisi data, sebaiknya *user* memilih dulu perhitungan apa yang ingin digunakan. Caranya dengan menekan tombol pop up menu, maka akan muncul perhitungan yang dapat dijalankan. Pada bagian 1 terdapat pilihan perhitungan Selisih suhu dan Emisivitas sedangkan pada bagian 2 terdapat perhitungan validasi yaitu perhitungan tingkat akurasi dan presisi. Setelah itu baru masukan data yang dibutuhkan. Untuk mendapatkan hasil maka *user* cukup menekan tombol “hasil”.



Ketika *user* ingin menghitung ulang, maka tidak perlu untuk menghapus semua data *input* satu persatu. Cukup menekan tombol reset, maka semua data akan terhapus, baru kemudian masukan data *input* yang baru.

#### 4.4.3 Validasi Aplikasi

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan mengenai perhitungan menggunakan aplikasi, Tujuannya adalah agar dapat dibuktikan apakah hasil perhitungan manual dan perhitungan menggunakan aplikasi hasilnya akurat.

##### a. Perhitungan Selisih Suhu

Pada gambar 4.15 berikut ini merupakan gambar perhitungan selisih suhu pada bagian body bushing primer phasa R pada bay trafo 2.

The image shows a web application interface with two main sections: 'Keadaan Suhu' (Temperature Status) and 'Validasi' (Validation).

**Keadaan Suhu** (Green background):

- Arus Maksimal: 126
- Arus Shooting: 115
- Suhu Klem Shooting: 35
- Suhu Konduktor Shooting: 32
- Buttons: 'Reset' and 'Kondisi Baik'
- Dropdown: 'Selisih Suhu' (set to 'Selisih Suhu')
- Result: '3.6014' (displayed in a box)
- Label: 'Hasil' (above the result box)

**Validasi** (Orange background):

- Input fields: 'Nilai Rata-rata Pengukuran', 'Jumlah Percobaan', 'Nilai Emisivitas Rata-rata' (all empty)
- Dropdown: 'Presisi' (set to 'Presisi')
- Buttons: 'Hasil' and 'Reset'
- Output: A box containing a percentage symbol '%' (empty)

**Gambar 4.15** Tampilan Keluaran Hasil

Pada gambar 4.15 di atas, dilakukan perhitungan menggunakan rumus  $\Delta T$ . Nilai input yang dibutuhkan adalah, arus maksimal, arus shooting, suhu klem shooting, dan suhu konduktor shooting. Hasilnya menunjukkan nilai 3,6 °C.

### b. Perhitungan Nilai Emisivitas

Pada gambar 4.16 berikut ini merupakan gambar perhitungan nilai emisivitas pada suhu 32°C.

The image shows a software interface for calculating emissivity. It is divided into two main sections: 'Keadaan Suhu' (Temperature Conditions) and 'Validasi' (Validation).  
In the 'Keadaan Suhu' section, there are four input fields: 'Arus Maksimal', 'Arus Shooting', 'Suhu Klem Shooting', and 'Suhu Konduktor Shooting'. The 'Suhu Konduktor Shooting' field is filled with the value '32'. To the right of these fields is a dropdown menu labeled 'Nilai Emisivitas' and a 'Hasil' button. Below the 'Hasil' button, the calculated value '0.4819' is displayed. A 'Reset' button is located at the bottom left of this section.  
In the 'Validasi' section, there are three input fields: 'Nilai Rata-rata Pengukuran', 'Jumlah Percobaan', and 'Nilai Emisivitas Rata-rata'. To the right of these fields is a dropdown menu labeled 'Presisi' and a 'Hasil' button. Below the 'Hasil' button, there is a percentage sign '%' and a 'Reset' button.

**Gambar 4. 16** Perhitungan Nilai Emisivitas

Pada gambar 4.16 dilakukan perhitungan nilai emisivitas pada suhu 32 °C. Dalam perhitungan tersebut digunakan rumus hukum Stefan Boltzman tentang perpindahan kalor radiasi. Hasilnya menunjukkan nilai emisivitas sebesar 0.4819.

### c. Perhitungan Tingkat akurasi.

Pada gambar 4.17 berikut ini merupakan gambar perhitungan tingkat akurasi pada bay trafo 2. Untuk menjalankan perhitungan tingkat akurasi, pilih perhitungan akurasi pada bagian pop up menu. Nilai masukan yang dibutuhkan adalah nilai emisivitas rata-rata dari 30 percobaan.

**Gambar 4. 17** Perhitungan Tingkat Akurasi

Pada gambar 4.17 di atas merupakan perhitungan tingkat akurasi pada bay trafo 2. Hasilnya tingkat akurasi pada bay trafo 2 adalah sebesar 96,98 %.

**d. Perhitungan Tingkat Presisi**

Pada gambar 4.18 berikut ini merupakan gambar perhitungan tingkat akurasi pada bay trafo 2.

**Gambar 4. 18** Perhitungan tingkat Presisi

Gambar 4.18 merupakan perhitungan tingkat presisi pada trafo 2. Untuk menjalankan pilih perhitungan presisi pada pop up menu. Untuk nilai masukan yang dibutuhkan adalah jumlah total nilai pengukuran dikurangi rata-rata ( $\sum (x-\alpha)^2$ ) dan jumlah percobaan. Tingkat presisi pada trafo 2 adalah sebesar 1.98 %.

#### 4.5 Perbandingan hasil Perhitungan

Pada tabel 4.12 berikut ini, terdapat nilai perbandingan antara hasil perhitungan secara manual dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi.

**Tabel 4. 12** Perbandingan Hasil Perhitungan

Objek	perhitungan Manual				Perhitungan Aplikasi Matlab				Hasil
	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	e	A (%)	P (%)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	e	A (%)	P (%)	
Bay trafo 2	3,6	0,4819	96,98	1,98	3,6	0,4819	96,98	1,98	Akurat
Bay trafo 3	7,2	0,5178	96,44	1,05	7,2	0,5013	96,44	1,05	Akurat
Bay trafo 4	-9	0,4768	95,36	1,75	-9	0,4745	95,36	1,75	Akurat

Keterangan:

$\Delta T$  = Selisih Suhu

P = Nilai Presisi

A = Nilai Akurasi

e = Nilai Emisivitas

Dari tabel 4.12 perbandingan hasil pengukuran dapat diketahui bahwa hasil dari perhitungan manual dengan hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan aplikasi memiliki hasil akhir yang sama. Hal itu dapat membuktikan bahwa aplikasi tersebut dapat melakukan perhitungan secara akurat. Sehingga aplikasi tersebut dapat dikatakan berhasil dan dapat membantu PT.PLN(Persero) dalam melakukan perhitungan Selisih Suhu, serta perhitungan tingkat akurasi dan presisi dari pengukuran thermovisi.