

ANALISIS THERMOVISI UNTUK MENEMUKAN HOT POINT PADA GARDU INDUK 150 KV PEDAN BERBASISKAN PEMROGRAMAN C#

Akbar Kurbana

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
e-mail: akbarkurbana@gmail.com

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui titik panas (*hot point*) yang terdapat pada sebuah objek dengan menggunakan thermovisi sehingga dapat mengetahui kondisi dari peralatan yang terdapat pada *switchyard*. Metode validasi digunakan untuk menguji bahwa pengukuran yang dilakukan apakah telah akurat dan presisi dengan menggunakan perhitungan manual dan menggunakan software Microsoft Visual Studio C# sesuai dengan parameter yang digunakan. Hasil yang diperoleh adalah 68 sambungan pada terminal dalam kondisi baik, 5 sambungan pada terminal dalam kondisi pemeriksaan saat pemeliharaan dan 1 sambungan pada terminal dalam kondisi perbaikan segera. Untuk emisivitas dari peralatan pada gardu induk dengan menggunakan 1 jenis material didapatkan nilai emisivitas yang bervariasi dikarenakan beberapa faktor, dengan nilai akurasi pada masing-masing bay transformator 1 sampai dengan bay transformator 3 sebesar 97,44%, 95%, 99,97%. Dan untuk nilai presisinya masing-masing sebesar 0,61%, 1,43%, 0,58%. Hasil dari pengukuran dinyatakan akurat dan presisi sehingga metode uji validasi perhitungan dapat digunakan.

Kata kunci: Thermovisi, Gardu Induk, Titik Panas, Emisivitas, Akurasi, Presisi, Microsoft Visual Studio C#.

PENDAHULUAN

Pada saat sekarang ini pemanfaatan energi listrik sangat berperan penting dalam kehidupan manusia untuk kebutuhan rumah tangga dan juga untuk kebutuhan industri. Gardu Induk 150 kV Pedan sebagai pengatur beban kebutuhan energi listrik melakukan kegiatan pemeliharaan agar kondisi dari peralatan dan komponen-komponen pada sistem tenaga listrik dapat berfungsi dengan baik, sehingga dapat mencegah terjadinya gangguan atau

kerusakan pada sistem tenaga listrik. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat terjadi dikarenakan cuaca atau faktor umur dari peralatan. Dalam hal ini transformator sangat rentan terjadinya kerusakan akibat cuaca dikarenakan transformator tenaga pada Gardu Induk 150 Pedan berada di daerah terbuka. Maka dari itu untuk mencegah terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik di Gardu Induk Pedan dilakukan pengecekan secara berkala sehingga dapat meminimalisir

kerusakan yang terjadi dan tidak berdampak merugikan bagi konsumen dikarenakan kerusakan tersebut.

Suhu panas (*hot point*) merupakan suatu parameter yang digunakan dalam melakukan pengamatan dan analisa perubahan yang terjadi pada peralatan. Bagian yang sering mengalami pemanasan yaitu pada bagian sambungan dan terminal. Pengecekan dan pemeliharaan terhadap peralatan pada Gardu Induk 150 kV Pedan dilakukan dengan cara pengecekan menggunakan thermovisi.. Sehingga dapat mengetahui keadaan dari peralatan pada gardu induk secara *real time*, dan dapat dilakukannya tindakan penanganan pencegahan guna meminimalisir terjadinya gangguan yang dapat mengakibatkan kerusakan.

LANDASAN TEORI

Thermovisi

Thermovisi merupakan instrument yang digunakan untuk mendeteksi suhu suatu objek secara visual dan ditampilkan pada sebuah layar display dengan menggunakan teknologi sinar *infrared*. Prinsip kerja dari pengukuran ini yaitu, dengan mengukur nilai perbandingan energi yang diradiasikan oleh suatu objek (*gelombang elektromagnet*) terhadap energi yang diradiasikan oleh benda hitam pada suhu dan gelombang yang sama. Radiasi merupakan gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh panas suatu objek yang terdiri dari Foton. Foton tersebut akan mengeksitasi elektron dari objek yang dikenainya sehingga memiliki tingkat energi yang lebih tinggi. Nilai emisivity yang diamati berkisar antara 0

dan 1. Masing-masing bahan material objek memiliki tingkat emisivitas yang beragam. Seperti contoh emisivitas pada aluminium conductor galvanized steel reinforced (ACSR) menurut *Satir Coporation* adalah 0,5.

Pengukuran Klem dan Konduktor

Pengukuran selisih suhu pada bagian klem dan bagian konduktor yang diperoleh dapat menjadi parameter untuk menentukan tindak lanjut yang harus dilakukan pada peralatan di gardu induk. Secara matematis rumus dituliskan sebagai berikut:

$$|\Delta T|_{\max} = (I_{\max} / I_{\text{beban}})^2 \times \Delta T \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

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

I_{\max} = Beban tertinggi yang pernah dicapai

I_{beban} = Beban saat pengukuran

$|\Delta T|$ = Selisih suhu konduktor dan klem.

Nilai Emisivitas

Emisivitas merupakan rasio energi energi inframerah yang dipancarkan oleh *black body* dalam keadaan suhu dan panjang gelombang yang sama. Nilai emisivitas dari suatu material sudah memiliki nilai emisivitas masing-masing, namun nilai emisivitas yang sudah ada dapat berubah sesuai dengan kondisi material tersebut dan juga dapat dikarenakan keadaan lingkungan dan pembiasan. Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai emisivitas adalah sebagai berikut:

$$P = e \cdot \sigma \cdot T^4 \rightarrow e = \frac{P}{\sigma \cdot T^4} \dots\dots\dots(2.2.)$$

Keterangan:

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

e = Emisivitas

σ = Konstanta Stefan Boltzman
 $5,672 \times 10^{-8} \text{ Watt m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
 T = Suhu Mutlak (K)

Validasi Metode Analisis

Validasi metode analisis merupakan suatu tindakan penilaian terhadap parameter yang digunakan untuk membuktikan bahwa parameter tersebut sudah memiliki akurasi (*accuracy*) dan presisi (*precision*) yang baik atau belum. Maka dari itu, semua pengukuran dan perhitungan yang dilakukan dikatakan dapat digunakan. Beberapa indikator analisis yang harus dipertimbangkan dalam validasi metode analisis didefinisikan sebagaimana cara penentuannya adalah sebagai berikut:

Presisi (Precision)

Uji presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil pengukuran, yang dihitung berdasarkan nilai *Standard Reference Material* (SRM). Persentase presisi dinyatakan dengan Coefficient of Variation (CV) dan Relative Standard Deviation (RSD). Jika CV pada perhitungan < (kurang dari) 2 % maka dapat dinyatakan bahwa metode tersebut mempunyai presisi yang baik. Untuk persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$CV = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \dots \dots (2.3)$$

Sedangkan untuk Standard Deviation (SD) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x-\alpha)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :
SD = Standard Deviation

$\sum (x-\alpha)^2$ = Jumlah total nilai pengukuran dikurangi rata-rata
 n = Jumlah percobaan
 x = Hasil percobaan
 α = Rata-rata hasil percobaan

Akurasi (Accuracy)

Uji akurasi adalah ukuran yang menunjukkan kedekatan hasil analisis dengan *Standard Reference Material* (SRM) yang sebenarnya. Akurasi disebut juga besarnya penyimpangan data hasil uji dengan nilai sebenarnya. Bias hasil uji dari metode uji yang dilakukan terhadap nilai SRM menggambarkan seberapa tinggi akurasi dari metode uji tersebut. Berikut ini adalah rumus persamaan yang digunakan:

$$\%bias = \left(\frac{\alpha - \text{nilai SRM}}{\text{nilai SRM}} \right) \times 100\% \dots 2.5$$

Sehingga akurasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% akurasi = 100 \% - \% bias \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:
% bias = Persentase Nilai Bias
 α = Nilai rata-rata emisivitas
Nilai SRM = Nilai *Standard Reference Material* (SRM)

METODE PENELITIAN

Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari referensi-referensi yang diantaranya adalah skripsi/tugas akhir, jurnal, majalah, karya ilmiah, dan buku-buku yang sesuai dengan materi dari pembahasan thermovisi dan analisis perhitungannya

Pengumpulan Data

Data-data terkait penelitian mengenai thermovisi diperoleh dari Gardu Induk 150 kV Pedan ketika diizinkan melalui observasi lapangan dan telah dilegalisasi oleh PT PLN (Persero) UPT Salatiga. Data yang digunakan adalah data primer dan juga data sekunder.

Pengolahan Data & Analisis

Setelah semua data telah terkumpul, maka akan dilakukan pengolahan data untuk menemukan hasil dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini. Dari hasil pengukuran yang didapatkan, maka dapat di beri keterangan mengenai kondisi alat-alat tersebut menggunakan parameter buku panduan pemeliharaan alat PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Suhu Perbandingan Klem dan Konduktor

Untuk mengetahui nilai selisih suhu dari bagian klem dan bagian konduktor maka akan dijabarkan perhitungan nilai perbandingan antara suhu klem dan konduktor dengan menggunakan persamaan dari kriteria ΔT (Delta-T) maka akan dijabarkan contoh perhitungan seperti dibawah ini:

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

Maka diperoleh hasil perhitungan selisih suhu dari bay trafo 1 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Thermovisi klem dan konduktor bay Trafo 1

No.	Objek / Instansi	Arsi Tertinggi	Arsi Saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor Delta Tm	Tidak Lajit
		I _a (A)	I _s (A)	T _{kl} (°C)	T _{kd} (°C)	ΔT (°C)	
		a	b	c	d	e	
Bau Terbang							
	- Center Tap Bushing Primer Fasa R	136	115	29	25	5,6	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Fasa S	136	115	29	27	2,8	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Primer Fasa T	136	115	28	23	7	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Fasa R	869	744	30	28	2,7	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Fasa S	869	744	31	28	4,1	KONDISI BAIK
	- Center Tap Bushing Sekunder Fasa T	869	744	28	29	-1,4	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Fasa R	136	115	29	27	2,8	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Fasa S	136	115	26	26	0	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Primer Fasa T	136	115	26	29	-4,2	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Fasa R	869	744	31	30	1,4	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Fasa S	869	744	27	29	-2,7	KONDISI BAIK
	- Body Bushing Sekunder Fasa T	869	744	35	27	10,9	UKUR 1 BULAN LAGI
	- Terminal Bushing Primer Fasa R	163	115	28	27	2	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Fasa S	163	115	27	27	0	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Primer Fasa T	163	115	31	29	4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Fasa R	869	744	29	31	-2,7	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Fasa S	869	744	28	29	-1,4	KONDISI BAIK
	- Terminal Bushing Sekunder Fasa T	869	744	31	30	1,4	KONDISI BAIK
	- Separa Kabel Thermating 20 kV Fasa R	869	744	27	27	0	KONDISI BAIK
	- Separa Kabel Thermating 20 kV Fasa S	869	744	31	28	4,1	KONDISI BAIK
	- Separa Kabel Thermating 20 kV Fasa T	869	744	29	27	2,7	KONDISI BAIK
	- Separa Kabel Thermating Kabel Incoming 20 kV Fasa R	869	744	28	33	-6,8	KONDISI BAIK
	- Separa Kabel Thermating Kabel Incoming 20 kV Fasa S	869	744	26	32	-8,2	KONDISI BAIK
	- Separa Kabel Thermating Kabel Incoming 20 kV Fasa T	869	744	29	28	1,4	KONDISI BAIK

Pada kolom (e) yaitu selisih suhu klem terhadap konduktor merupakan hasil dari perhitungan perbandingan antara suhu bagian klem konduktor dengan menggunakan persamaan ΔT (Delta-T), Dapat dilihat dari table 4.1. bahwasannya kondisi peralatan pada bay trafo 1 hampir semuanya dalam keadaan “Kondisi Baik” tetapi ada beberapa titik yang mengalami kenaikan suhu diatas kondisi normal yaitu pada bagian Body Bushing Sekunder Fasa S dan Body Bushing Sekunder Fasa T disini selisih suhu yang yang terhitung adalah sebesar 13,2°C dan 11,9°C dimana ketika nilai yang terhitung melebihi suhu kondisi normal maka akan merubah kondisinya menjadi “Ukur 1 Bulan Lagi” sesuai dengan parameter yang digunakan.

Perhitungan Nilai Emisivitas

Nilai emisivitas dari material dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus dari Hukum Stefan Boltzman tentang perpindahan kalor radiasi. Berikut ini merupakan contoh penjabaran perhitungan nilai emisivitas yang diambil pada bay trafo 1. Ketika suhu sebesar 28°C maka perhitungan nilai emisivitas adalah sebagai berikut:

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

Pada table dan grafik dibawah ini menunjukkan hasil dari perhitungan nilai emisivitas dan hasil dari pengukuran suhu dengan menggunakan thermovisi pada bay trafo 1.

Tabel 4.4. Nilai Emisivitas bay Trafo 1

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

Nilai emisivitas yang terhitung pada bay trafo 1 memiliki nilai emisivitas yang beragam, dapat terlihat pada tabel emisivitas bay trafo 1 bahwasannya nilai emisivitas terkecil dari hasil perhitungann terdapat pada pengukuran objek nomor 12 dengan nilai emisivitas sebesar 0,4574 dan untuk nilai emisivitas terbesar yang diperoleh dari hasil perhitungan terdapat pada pengukuran objek nomor 17, 22, dan 24. Nilai emisivitas rata-rata yang dihasilkan dari perhitungan pada bay trafo 1 adalah sebesar 0,4872 dari perhitungan juga menunjukkan nilai emisivitas yang hampir mendekati dari nilai parameter yang digunakan untuk nilai emisivitas pada logam alummunium conductor galvanized steel reinforced yaitu sebesar 0,5. Nilai

emisivitas jika dilihat dari tabel terdapat fluktuasi tinggi rendahnya nilai emisivitas yang terukur. hal ini dikarenakan suhu yang terukur berbeda-beda maka nilai emisivitas akan mengikuti dari suhu yang terukur. Maka dapat dinyatakan bahwa ketika suhu peralatan semakin tinggi, kemampuan untuk meradiasikan sinar inframerah dari alat ukut thermovisi akan semakin berkurang dikarenakan bahan dari bagian peralatan tidak dapat menyerap sinar inframerah dengan baik karena suhu permukaan peralatan yang panas.

Uji Presisi

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

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

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

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

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

Uji Akurasi

Bias hasil uji dari metode uji yang dilakukan terhadap nilai SRM menggambarkan seberapa tinggi akurasi dari metode uji tersebut. Dibawah ini menunjukkan perhitungan akurasi dari hasil pengukuran thermovisi:

Akurasi Bay Trafo 1

$$\% \text{ Bias} = \frac{0,4872 - 0,5}{0,5} \times 100\% = 2,56 \%$$

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

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa bay trafo 1 memiliki

tingkat akurasi sebesar 97,44 %, secara menyeluruh tingkat akurasi dari beberapa bay trafo di Gardu Induk 150 kV Pedan sudah sangat baik. Dapat dikatakan suhu dari peralatan pada bagian klem dan bagian konduktor nya masih dalam keadaan yang baik.

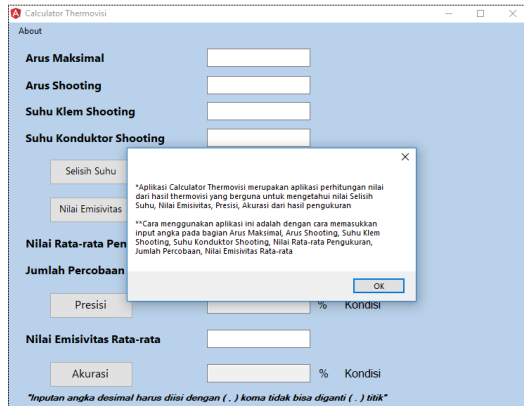
Perancangan Aplikasi Kalkulator Thermovisi Menggunakan Microsoft Visual Studio C#

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

Tampilan Menu Utama Aplikasi

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

terdapat menu about yang berisikan tentang aplikasi yang dibuat dan panduan cara menggunakan kalkulator thermovisi. Tampilan Menu Utama pada aplikasi dapat terlihat pada Gambar 4.8. dibawah ini.

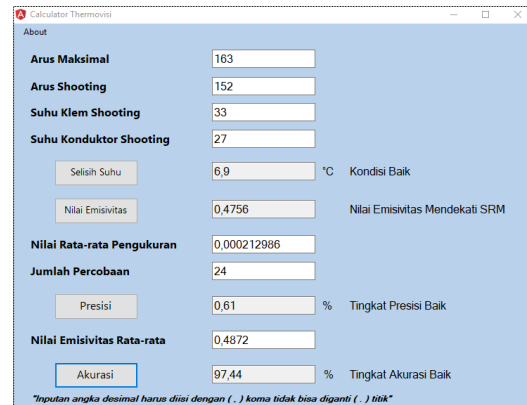


Gambar 4.8 Tampilan Menu Utama

Tampilan Menu Aplikasi Ketika Selesai Proses

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

Tampilan menu utama dapat dilihat pada gambar 4.9. dibawah ini.



Gambar 4.9. Tampilan Keluaran Hasil

Perbandingan Hasil Perhitungan

Perbandingan hasil dari perhitungan manual dan dengan menggunakan aplikasi yang dibuat diperlukan untuk mengetahui hasil dari perhitungan keduanya sama. Jika aplikasi yang dibuat memiliki nilai hasil yang sama dengan perhitungan manual maka aplikasi yang dibuat dapat dikatakan berhasil dan dapat berkontribusi untuk membantu PT. PLN (Persero) dalam melakukan perhitungan tingkat akurasi dan presisi dari pengukuran thermovisi dan dapat mengetahui kerusakan yang terjadi pada komponen dan bagian-bagian di gardu induk serta dapat mengetahui tindak lanjut yang harus dilakukan. Untuk melihat perbandingan hasil antara perhitungan manual dan dengan menggunakan aplikasi dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11. Perbandingan Hasil Perhitungan

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

ΔT = Selisih Suhu
 E = Nilai Emisivitas
 A = Nilai Akurasi
 P = Nilai Presisi

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

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perhitungan selisih suhu pada bagian klem dan konduktor di bay trafo 1, bay trafo 2, dan bay trafo 3 dapat menunjukkan hasil beberapa kondisi yaitu 68 sambungan pada terminal dalam kondisi baik, 5 sambungan pada terminal dalam kondisi pemeriksaan saat pemeliharaan dan 1 sambungan pada terminal dalam kondisi perbaikan segera, kondisi-kondisi tersebut dapat menjadi acuan dalam menindak lanjuti keadaan pada bagian sambungan peralatan yang berada di gardu induk 150 kV Pedan.
2. Perhitungan nilai emisivitas rata-rata yang dilakukan pada bagian klem dan bagian konduktor mendapatkan hasil pada bay trafo 1 sebesar 0,4872, bay trafo 2 sebesar 0,4750, dan pada bay trafo 3 sebesar 0,5015. Maka dapat dinyatakan bahwa ketika suhu peralatan semakin tinggi, kemampuan untuk meradiasikan sinar inframerah dari alat ukur termovisi akan semakin berkurang dikarenakan bahan atau material dari

bagian peralatan tidak dapat menyerap sinar inframerah dengan baik karena suhu permukaan peralatan yang panas.

3. Untuk rentan suhu 26°C sampai dengan 36°C seperti yang terdapat pada sample, jika dibulatkan nilai emisivitas yang didapatkan masih mendekati nilai SRM, namun ada 1 titik yang nilai emisivitasnya buruk karena faktor suhu yang terlalu tinggi yaitu sebesar 69°C. Akan tetapi apabila ditinjau secara keseluruhan nilai akurasi yang didapatkan masih tergolong dalam keadaan baik. Dengan nilai akurasi pada bay trafo 1 sebesar 97,44%, bay trafo 2 sebesar 95%, dan bay trafo 3 sebesar 99,97%.
4. Presisi dari hasil pengukuran bay trafo 1 dan bay trafo 3 sangat baik dengan menunjukkan nilai presisi sebesar 0,61% untuk bay trafo 1 dan 0,58% untuk bay trafo 3, jika dibandingkan dengan bay trafo 2. Untuk bay trafo 2 nilai presisi yang dihasilkan sebesar 1,43%. Nilai presisi yang didapatkan berbeda-beda dikarenakan nilai emisivitas yang diperoleh sangat beragam dan bahkan melebihi dari dari SRM, yang mana faktor perubahan nilai emisivitas ini bisa dikarenakan suhu permukaan, reflektivitas, dan keadaan dari lingkungan/ kondisi cuaca.
5. Berdasarkan hasil dari perbandingan antara perhitungan manual dan menggunakan aplikasi, dapat diketahui bahwasannya tidak ada perbedaan hasil antara perhitungan manual maupun dengan

menggunakan aplikasi, kedua nya sama-sama menunjukkan hasil yang akurat.

Saran

1. Untuk pihak jajaran manager dan teknisi di Gardu Induk saat melakukan kegiatan yang berhubungan dengan maintenance peralatan, perlu melakukan pemeliharaan, perawatan dan pengecekan secara rutin dengan teliti dan maksimal. Sehingga dapat meminimalisir kesalahan dalam audit data perbaikan atau gangguan yang dihadapi.
2. Dalam melakukan audit data pemeliharaan teknisi diharapkan dapat melengkapi data maintenance setiap bulannya dan semaksimal mungkin.
3. Pada saat pengukuran teknisi dapat menggunakan alat ukur yang mempunyai spesifikasi yang baik dan sesuai dengan standar pemakaian dari alat tersebut.
4. Melakukan pengecekan dalam audit data dan mengalisanya bila perlu secara berulang, agar dapat dipertanggung jawabkan.
5. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengembangan aplikasi kalkulator termovisi dengan menggunakan C# yang lebih baik lagi sehingga dapat berkontribusi lebih banyak lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Doski, Jwan and friends. 2016. *“Thermal Imaging for Pests Detecting-A Review”*. Faculty of Engineering, University Putra Malaysia.
- Avionics,Nippon.<http://www.infrared.avio.co.jp/en/products/ir-thermo/lineup/th7716/index.html> [diakses 12 Januari 2019]
- E Yusif, Mahmoud. (2014). *The Electromagnetic Radiation Mechanism*. Physics Department, University of Nairobi.
- Farah Dita, Mudmainnah. 2013. *“Karakteristik Aliran Panas dalam Logam Penghantar Listrik”*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- Fluke Network, Fluke. http://www.wecl.com.hk/fluke/thermal_imager.html [diakses 12 Januari 2019]
- Gede Ekayana, Anak Agung. 2017. *“Realtime Monitoring Suhu Klem Jumper Pada Sistem Transmisi Tegangan Tinggi”*. STMIK STIKOM Indonesia, Denpasar, Bali.
- Harmita, (2004). *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya*, Majalah Ilmu Keafarmasian, Vol, I, No.3, 117-135.
- [Http://hwsmartsolution.com/blog/2016/02/04/pengenalan-tipe-data-menggunakan-bahasa-c-c-sharp/](http://hwsmartsolution.com/blog/2016/02/04/pengenalan-tipe-data-menggunakan-bahasa-c-c-sharp/)[diakses 15 Januari 2019]
- [Https://medium.com/@chrisk8er/dasar-pemrograman-c-f2eb2f8f1cec](https://medium.com/@chrisk8er/dasar-pemrograman-c-f2eb2f8f1cec). [diakses 15 Januari 2019]
- Jamal, A., Syahputra, R. (2013). UPFC Based on Adaptive Neuro-Fuzzy

- for Power Flow Control of Multimachine Power Systems. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 2(10), pp. 05-14.
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- Microsoft, (2012) *Visual Studio Product Guide*, Visual Studio, Microsoft Corporation.
- PLN , (2014) *Buku Pedoman Pemeliharaan*, No. 0520-2.K/DIR. PT PLN (PERSERO).
- Roni Putra, Ramadhani. 2018. *“Thermovisi Dalam Melihat Hotpoint Pada Gardu Induk 150 kV Palur”*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Satir, (2017) *Datasheet User Manual: e80,D300 Thermal Imagers*, Satir Europe (Ireland) Co. Ltd.
- Syahputra, Ramadoni. 2010. *“Aplikasi Deteksi Tepi Citra Termografi untuk Pendeteksian Keretakan Permukaan Material”*. Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Syahputra, Romadoni. 2016, *“Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”*. LP3M UMY. Yogyakarta.
- Syahputra, R., (2015), “Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R.. (2010). *Buku Ajar Proteksi*. Yogyakarta: Teknik Elektro UMY.
- Syahputra, R., (2014), “Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Transmisi Tenaga Listrik”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol. 17, No. 2, pp. 106-115, Nov 2014.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R. (2015). Characteristic Test of Current Transformer Based EMTP Software. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), pp. 11-15.
- Syahputra, R. (2015). Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro-Fuzzy Adaptif. *Jurnal Teknologi*, 8(2), pp. 161-168.
- Syahputra, R., (2013), “A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines”, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.

- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2013), "Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method". International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS). 2013; pp. 224-229.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). "Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources", Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- Szajewska, A. (2017). *Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology*. The Faculty of Fire Safety Engineering, The Main School of Fire Service.
- Usamentiaga, Ruben and friends. 2014. *"Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing"*. Department of Computer Science and Engineering, University of Oviedo, Spain.