

Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process pada Pemilihan Sensor Alat Deteksi Busur Api Fuse Cut Out yang Terintegrasi Sistem SCADA

Refin Ananda Putra, Slamet Budiprayitno, dan Dwiky Fajri Syahbana
Departemen Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: slamet@elect-eng.its.ac.id

Abstrak—Pemantauan kondisi Fuse Cut Out (FCO) pada gardu distribusi masih dilakukan secara manual dengan pemeliharaan preventif periodik oleh petugas. FCO yang putus akibat arus berlebih menyebabkan jaringan listrik padam dan menimbulkan busur api yang timbul dalam waktu sekejap. Sehingga jika FCO putus tidak dapat dipantau secara realtime untuk dilakukan penggantian FCO segera. Pada proyek akhir ini dibuat sebuah sistem untuk pemantauan kondisi FCO berdasar busur api yang timbul saat FCO putus dan terintegrasi SCADA. Sensor api yang digunakan, dipilih menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk mengetahui sensor yang paling tepat digunakan pada sistem. Penggunaan metode AHP dalam pemilihan sensor karena penyusunan prioritas yang logis dan terstruktur secara hirarki sampai dapat menentukan hingga subalternatif terdalam. Penentuan pemilihan sensor dengan metode AHP ditinjau dari sensitivitas dan jarak jangkauan serta alternatif pilihan sensor yaitu sensor UVTron dan sensor IR flame. Hasil yang didapat pada yaitu nilai bobot kriteria sensitivitas sensor UVTron sebesar 0,80 dan sensor IR Flame sebesar 0,20. Hasil nilai bobot kriteria jarak ideal sensor UVTron sebesar 0,19 dan sensor IR Flame sebesar 0,83. Hasil akhir penelitian yang didapat yaitu sensor UVTron menempati peringkat pertama pilihan sensor yang dapat digunakan pada sistem dengan nilai akhir AHP sebesar 0,7188 dan sensor IR flame menempati peringkat kedua pilihan sensor yang dapat digunakan pada sistem dengan nilai akhir AHP sebesar 0,2736.

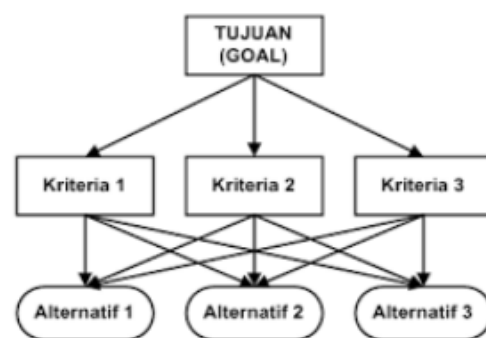
Kata Kunci—Analytical Hierarchy Process, Fuse Cut Out, SCADA.

I. PENDAHULUAN

SUPERVISORY Control And Data Acquisition (SCADA) adalah sistem yang mengumpulkan informasi atau data-data lapangan dan kemudian dikirim ke sebuah komputer pusat yang akan mengatur dan mengolah data-data tersebut [1]. Dalam pelaksanaan tugasnya, PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Jateng-DIY menggunakan SCADA untuk pemantauan, pengaturan distribusi listrik. Namun sayangnya terdapat peralatan proteksi pada jaringan distribusi yang belum terintegrasi dengan SCADA yaitu Fuse Cut Out (FCO), sehingga pemantauan FCO tidak dapat dilakukan secara realtime. Jika terdapat FCO putus yang menyebabkan jaringan listrik padam hanya mengandalkan laporan dari pelanggan. Hal ini mengakibatkan penggantian FCO tidak dapat segera dilakukan oleh petugas. Fuse Cut Out (FCO) adalah peralatan proteksi sebagai alat pemutus rangkaian listrik pada jaringan distribusi apabila terjadi gangguan arus lebih yang melewati kapasitas kinerjanya [2]. Bila terjadi gangguan arus berlebih maka FCO akan timbul busur api sekejap dan mengakibatkan aliran listrik padam total [3]. Api yang timbul saat FCO putus

Tabel 1.
Tabel Prioritas Metode AHP

Nilai Numerik	Tingkat Kepentingan (<i>Preference</i>)
1	Sama pentingnya
2	Sama hingga sedikit lebih penting
3	Sedikit lebih penting
4	Sedikit hingga jelas lebih penting
5	Jelas lebih penting
6	Jelas hingga sangat jelas lebih penting
7	Sangat jelas lebih penting
8	Sangat jelas hingga mutlak lebih penting
9	Mutlak lebih penting

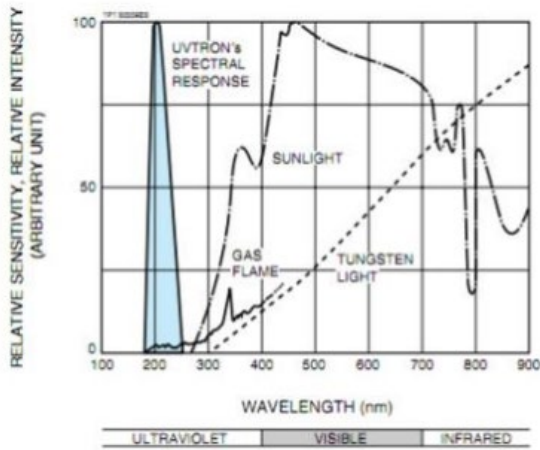


Gambar 1. Skema Metode AHP.

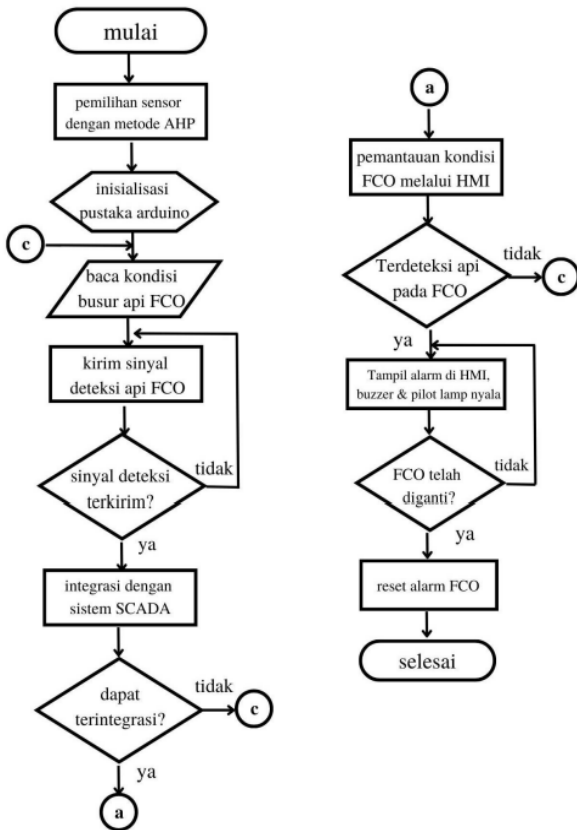
berlangsung hanya sekejap, sehingga dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi api secara cepat dan tepat.

Fuse Cut Out (FCO) adalah peralatan proteksi sebagai alat pemutus rangkaian listrik pada jaringan distribusi apabila terjadi gangguan arus lebih yang melewati kapasitas kinerjanya [2]. Bila terjadi gangguan arus berlebih maka FCO akan timbul busur api sekejap dan mengakibatkan aliran listrik padam total [3]. Busur api adalah pelepasan energi panas dan cahaya yang tidak diharapkan secara tiba-tiba yang dihasilkan oleh menjalarnya listrik melalui udara. Busur api yang timbul saat FCO putus berlangsung hanya sekejap, sehingga dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi api secara cepat dan tepat.

Pemilihan penggunaan sensor api menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan membandingkan dua buah sensor api yang berbeda yang ditinjau dari kriteria sensitivitas dan jarak serta dengan alternatif sensor yaitu sensor UVTron dan sensor IR Flame. Nantinya sensor api yang digunakan berdasar nilai tertinggi dari metode AHP. Sinyal deteksi api kemudian akan diolah oleh Arduino. Data yang diolah kemudian dikirim menuju server SCADA melalui modem 2 Robustel R3000 dengan protokol komunikasi Modbus. Data yang diterima oleh server lalu akan diintegrasikan dengan server SCADA untuk



Gambar 2. Karakteristik Sensor UVTron.



Gambar 3. Diaøram Alir Sistem.

ditampilkan pada aplikasi Survalent Smartvu sebagai Human Machine Interfae (HMI).

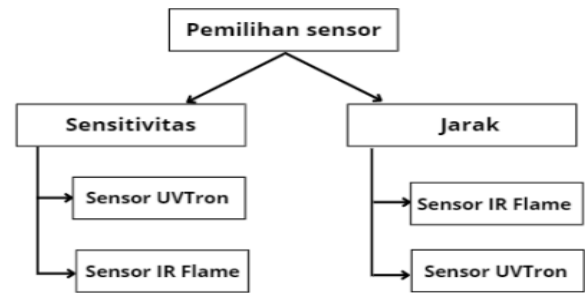
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. SCADA

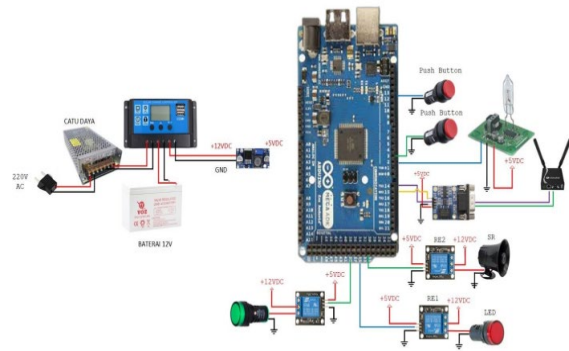
Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) merupakan sistem yang dapat memonitor dan mengontrol suatu peralatan atau sistem dari jarak jauh secara *real time*. Secara umum infrastruktur Scada dibagi menjadi tiga bagian yaitu,

1) Remote Station

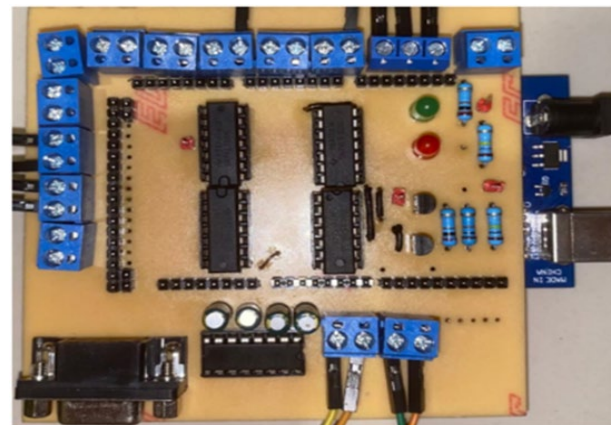
Remote Station atau yang biasa dikenal Remote Terminal Unit (RTU) adalah perangkat terminal yang mengumpulkan informasi dari titik lapangan (*remote*). Remote Station biasanya ditempatkan di gardu induk, pusat – pusat pembangkit, begitu juga dengan titik – titik distribusi.



Gambar 4. Struktur Hirarti AHP pada Sistem.



Gambar 5. Perancangan Diagram Pengawatan.



Gambar 6. Rangkaian pada PCB.

2) Human Machine Interface

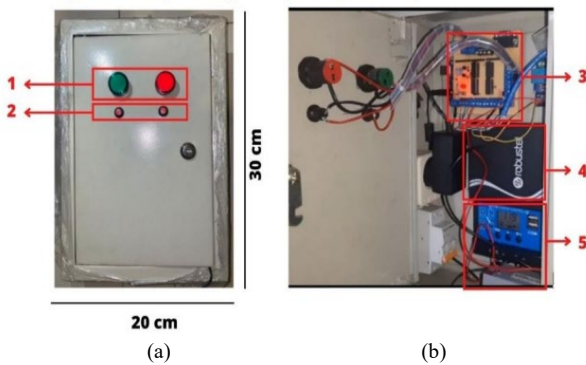
Human Machine Interface (HMI) adalah subsistem dari SCADA yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran di Remote Station. HMI berupa aplikasi pada komputer berbasis grafis sebagai pemantauan, akuisi data, pengontrolan jarak jauh untuk mempermudah kinerja operator.

3) Master Station

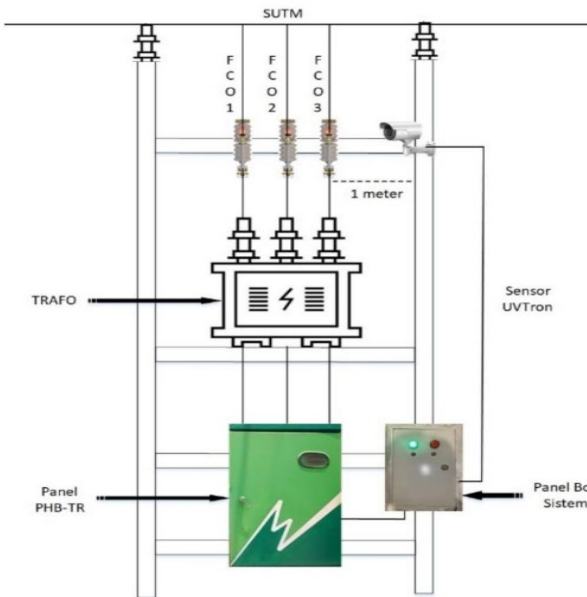
Master Station atau yang biasa disebut Master Terminal Unit (MTU) yaitu berupa komputer utama atau server sebagai pusat aplikasi pengolah data menjadi informasi. Master Station terdapat operator yang disebut dispatcher yang bertugas mengawasi dan melakukan tindakan bila terjadi gangguan di pusat control.

B. Fuse Cut Out

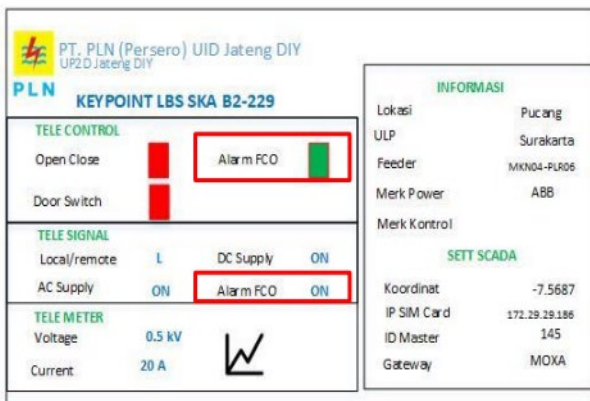
Fuse Cut Out (FCO) adalah pengaman yang paling sederhana dibandingkan dengan alat pengaman lainnya. Fuse Cut Out relatif ekonomis, tidak memerlukan relai atau peralatan transformator dan dapat diandalkan. Fuse Cut Out



Gambar 7. (a) Box Panel Tampak Depan (b) Box Panel Tampak Dalam.



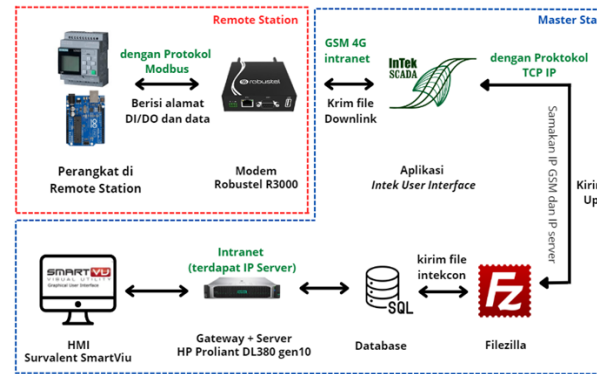
Gambar 8. Perancangan Tata Letak.



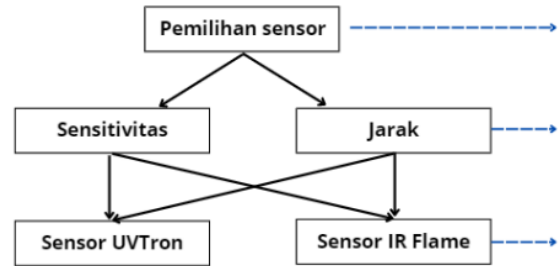
Gambar 9. Perancangan Tampilan HMI.

suatu alat pengaman yang melindungi jaringan terhadap arus lebih yang mengalir melebihi dari batas maksimal.

Prinsip kerja FCO yaitu apabila dilewati arus yang melebihi batas arus nominalnya maka akan putus. Apabila putus maka FCO biasanya akan meledak dan disertai api. Fuse Cut out juga sering ditemukan pada setiap transformator. Penggunaan Fuse Cut out ini merupakan bagian yang terlemah di dalam jaringan distribusi. Karena Fuse Cut out boleh dikatakan hanya berupa sehelai kawat yang memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum yang diperkenankan mengalir di dalam kawat tersebut.



Gambar 10. Skema Integrasi Sistem.



Gambar 11. Penentuan tingkat kriteria.

Tabel 2. Tabel Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	Sensitivitas	Jarak
Sensitivitas	1	7
Jarak	1/7	1

Tabel 3. Penentuan judgement sensitifitas

Alternatif	Panjang Gelombang yang Dideteksi
Sensor UVTron	185 nm
Sensor IR Flame	760 nm

Tabel 4. Tabel Perbandingan Berpasangan Sensitivitas

Sensitivitas	UVTron	IR Flame
UVTron	1	4
IR Flame	1/4	1

Tabel 5. Penentuan Judgement Jarak

Alternatif	Jarak Deteksi
Sensor UVTron	5 meter
Sensor IR Flame	1 meter

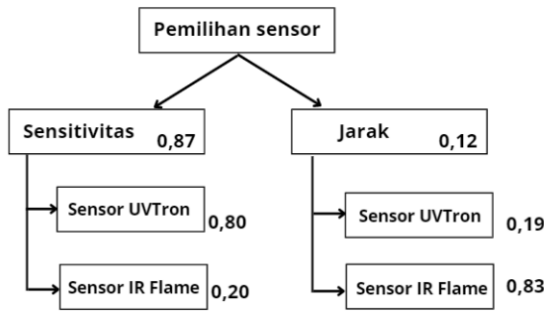
Tabel 6. Tabel Perbandingan Berpasangan Jarak

Jarak	UVTron	IR Flame
UVTron	1	5
IR Flame	1/5	1

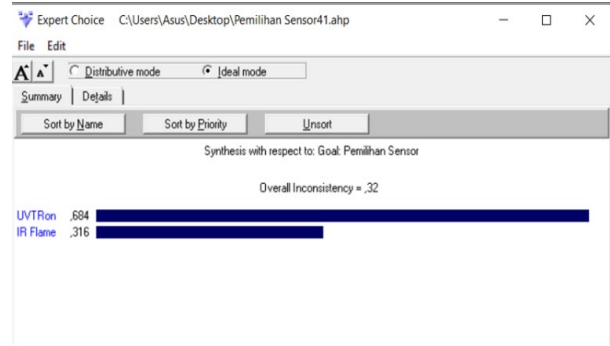
C. Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process (AHP) Adalah metode untuk memecahkan suatu situasi yang kompleks tidak terstruktur kedalam beberapa komponen dalam susunan yang hirarki, dengan memberi nilai subjektif tentang pentingnya setiap variabel secara relatif, dan menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi guna mempengaruhi hasil pada situasi tersebut. Proses pengambilan keputusan pada dasarnya adalah memilih suatu alternatif yang terbaik [4].

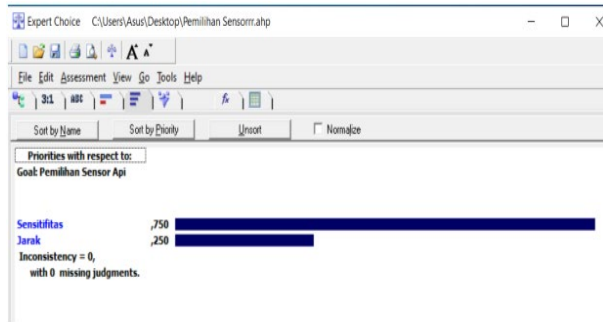
Peralatan utama Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah memiliki sebuah hirarki fungsional dengan input



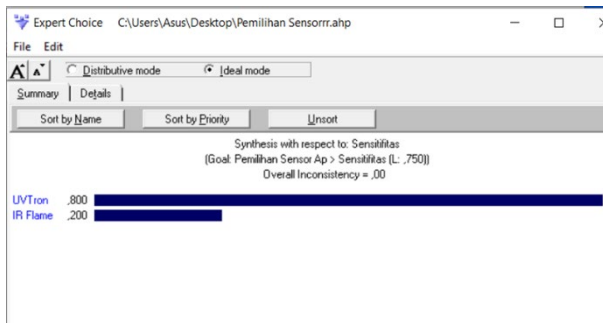
Gambar 12. Hirarki AHP Sistem disertai eigenvector.



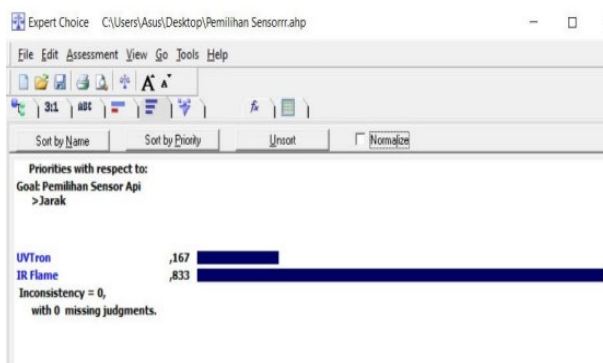
Gambar 16. Hasil Akhir Perhitungan AHP dengan Expert Choice.



Gambar 13. Nilai Eigenvector Kriteria dengan Expert Choice.



Gambar 14. Hasil Nilai Alternatif Sensitivitas dengan Expert Choice.



Gambar 15. Hasil Nilai Alternatif Jarak dengan Expert Choice.

utamanya persepsi manusia. Dengan hirarki, suatu masalah kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan ke dalam kelompok-kelompoknya dan diatur menjadi suatu bentuk hirarki. Skema kerja metode *Analitycal Hierarchy Process* dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsep dasar dari AHP adalah penggunaan *pairwise comparison matrix* (matriks perbandingan berpasangan) untuk menghasilkan bobot relatif antar kriteria maupun alternatif. Suatu kriteria akan dibandingkan dengan kriteria lainnya dalam hal seberapa penting terhadap pencapaian tujuan di atasnya. Sebagai contoh, kriteria spesifikasi dan kriteria biaya akan dibandingkan seberapa pentingnya dalam

Tabel 7.
Tabel Peringkat Sensor

Alternatif	Nilai Bobot Kriteria Sensitivitas	Nilai Bobot Kriteria Jarak	Nilai Akhir	Peringkat
Sensor UVTron	0,80	0,19	0,7188	1
Sensor IR Flame	0,20	0,83	0,2736	2

Tabel 8.
Perbandingan Perhitungan Uji Metode AHP

Alternatif	Nilai Bobot Akhir		Peringkat Pilihan Alternatif	
	Perhitungan	Expert Choice	Perhitungan	Expert Choice
Sensor UVTron	0,718	0,646	1	1
Sensor IR Flame	0,273	0,364	2	2

Tabel 9.
Hasil Uji Sensor UVTron

No	Jarak [cm]	Tegangan DC [V]	Hasil
1	30	12.8	Deteksi api
2	60	12.9	Deteksi api
3	90	11.7	Deteksi api
4	120	11.9	Deteksi api
5	150	11.7	Deteksi api
6	180	11.7	Deteksi api
7	210	11.9	Deteksi api
8	240	11.6	Deteksi api
9	270	11.8	Deteksi api
10	300	11.8	Deteksi api
11	330	11.7	Deteksi api
12	360	11.8	Deteksi api
13	390	11.8	Deteksi api
14	420	11.6	Deteksi api
15	450	11.8	Deteksi api
16	480	11.8	Deteksi api
17	510	11.4	Deteksi api
18	540	11	Deteksi api
19	570	0	Tidak Deteksi Api
20	600	0	Tidak Deteksi Api

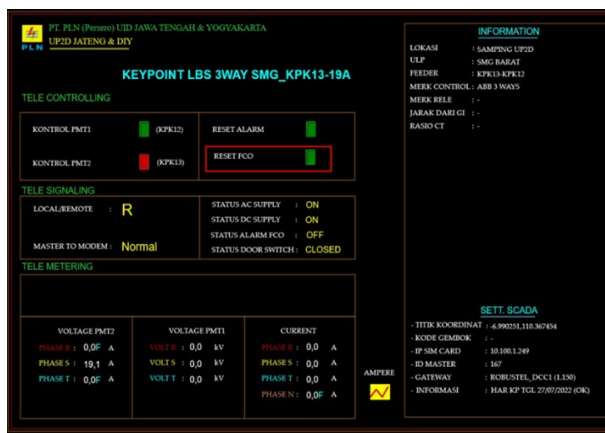
hal memilih armada transportasi. Begitu juga untuk alternatif. Penentuan bobot prioritas berdasar Tabel 1.

D. Sensor UVTron

Sensor UVTRon merupakan sensor ultraviolet yang menggunakan efek fotoelektrik dari logam dan efek multiplikasi gas. Sensor UVTron memiliki karekterisitk untuk mendeteksi cahaya pada rentang 185 hingga 260 nm, di mana pada area tersebut merupakan panjang gelombang ultraviolet dari emisi nyala api. Supaya sensor UVTron dapat terhubung dengan mikrokontoller maka perlu rangkaian pengkondisi sinyal respon menjadi pulsa 7 yang dapat

Tabel 10.
Hasil Uji Sensor IR Flame

No	Jarak [cm]	Tegangan DC [V]	Hasil
1	30	4,8	Deteksi api
2	60	4,7	Deteksi api
3	90	4,7	Deteksi api
4	120	4,4	Deteksi api
5	150	0	Deteksi api
6	180	0	Deteksi api
7	210	0	Tidak Deteksi api
8	240	0	Tidak Deteksi api
9	270	0	Tidak Deteksi api
10	300	0	Tidak Deteksi api
11	330	0	Tidak Deteksi api
12	360	0	Tidak Deteksi api
13	390	0	Tidak Deteksi api
14	420	0	Tidak Deteksi api
15	450	0	Tidak Deteksi api
16	480	0	Tidak Deteksi api
17	510	0	Tidak Deteksi api
18	540	0	Tidak Deteksi api
19	570	0	Tidak Deteksi api
20	600	0	Tidak Deteksi api

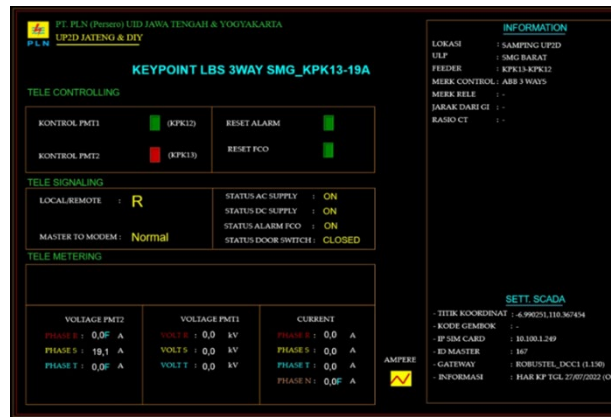


Gambar 17. Tampilan HMI setelah integrasi sistem.

dikenali mikrokontroler. Pada bagian *Signal Processing Circuit* yang berfungsi sebagai pengatur jumlah pulsa dari sensor UVTron selama 2 detik yang akan direspon oleh C10807 menjadi pulsa selebar 10 ms. Keluaran dengan pulsa selebar 10 ms ini selanjutnya dapat dihubungkan langsung pada sistem mikrokontroler, Sistem mikrokontroler akan mendeteksi adanya perubahan kondisi input dengan periode 10 ms sebagai indikasi adanya nyala api dalam area 5 meter [5]. Karakteristik sensor UVTron dapat dilihat pada Gambar 2.

III. URAIAN PENELITIAN

Proses berjalannya sistem dimulai dengan melakukan pemilihan sensor yang akan digunakan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Dengan melakukan perhitungan AHP didapatkan urutan pilihan sensor untuk digunakan pada sistem. Sensor yang dipilih untuk sistem berdasar hasil peringkat bobot metode AHP pada posisi pertama, lalu dilakukan pemasangan sensor pada sistem. Sensor api akan mendeteksi keadaan FCO yang ditinjau dari busur api yang timbul saat FCO putus. Data deteksi api kemudian dikirim menggunakan modem untuk dikirim hingga server melalui proses integrasi untuk dapat ditampilkan pada *Human Machine Interface (HMI)* pada aplikasi Survalent Smartvu. Diagram alir sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 18. Tampilan HMI Jika Sistem Mendeteksi Api FCO.

A. Studi Pustaka

Studi pustaka berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya dalam pengumpulan materi serta menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar dapat dihasilkan informasi yang lengkap, terarah, dan terpercaya dalam penulisan serta memberikan variasi dalam pengembangan alat ini.

B. Pemilihan Sensor dengan Metode AHP

Pemilihan Sensor dengan Metode AHP digunakan untuk mengetahui bahwa sensor yang digunakan tepat. Pada metode ini yang akan diuji pada bagian kriteria yaitu sensitivitas sensor terhadap api, jarak jangkauan deteksi api, dan harga. Sensor yang akan diuji pada bagian alternatif yaitu Sensor UVTron dan Sensor Infrared (IR) Flame. Permodelan hirarki AHP pada sistem dapat dilihat pada Gambar 4 Tahapan pemilihan sensor dengan metode AHP sebagai berikut,

1) Penentuan Tujuan

Tujuan analisis pada metode AHP yang digunakan yaitu pemilihan sensor deteksi api. Hal ini dikarenakan api yang ditimbulkan saat FCO putus hanya sekejap di bawah hitungan detik. Apabila sensor tidak dapat menangkap sinyal deteksi api maka data sinyal tidak akan tampil pada tampilan HMI. Penggunaan metode AHP ini dapat menentukan sensor cepat dan tepat untuk deteksi api.

2) Penentuan Kriteria Analisis

Kriteria analisis pada metode AHP terdiri dari sensitivitas dan jarak jangkauan sensor. Kriteria sensitivitas ditinjau dari rentang awal kerja panjang gelombang sensor. Sensor yang digunakan harus dapat mendeteksi hanya panjang gelombang api dan tidak terpengaruh oleh panjang gelombang sinar lainnya. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya fault pembacaan sensor. Kriteria jangkauan sensor ditinjau dari seberapa luas sensor dapat mendeteksi keberadaan api.

3) Penentuan Alternatif Pilihan

Alternatif pilihan sensor dalam metode ini yaitu sensor UVTron dan sensor Infrared (IR) flame. Kedua sensor tersebut memiliki prinsip kerja yang sama yaitu akan bekerja berdasar panjang gelombang yang dideteksi sehingga dapat dikelompokkan dalam satu kriteria sensitivitas yang sama

4) Pembuatan Struktur Hirarki

Struktur hirarki adalah struktur yang digunakan dalam metode AHP menjadi beberapa tingkatan atau hirarki. Penyusunan masalah dalam keadaan hirarki guna mempermudah perhitungan metode AHP

5) Pembuatan Matrik Perbandingan Berpasangan

Proses membandingkan entitas berpasangan dalam bentuk matrik untuk menilai entitas mana yang lebih disukai atau memiliki jumlah properti kuantitatif yang lebih besar, atau, apakah kedua entitas itu identik

6) Perhitungan Bobot Elemen

Perhitungan bobot elemen dilakukan berdasar Matrik Perbandingan Berpasangan yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan yang tegas antara dua buah kriteria yang diperbandingkan. Nilai bobot dengan besaran 0 hingga 9 yang menunjukkan nilai kriteria satu lebih penting daripada nilai yang diperbandingkan. Setelah perhitungan bobot elemen selesai dilakukan maka akan menghasilkan nilai eigenvector.

C. Perancangan Alat

Perancangan diagram pengawatan (Gambar 5) yang selanjutnya dijadikan rangkaian tercetak pada PCB agar komponen elektronik yang digunakan lebih rapih dan terorganisir (Gambar 6).

Box panel dirancang dengan ukuran 30 cm x 20 cm x 12 cm. Pada bagian depan box panel terdapat dua buah pilot lamp terdiri dari warna hijau dan merah sebagai indikator pendeteksian busur api FCO. Pilot lamp hijau akan menyala jika sistem dalam keadaan siaga (tidak mendeteksi busur api FCO). Pilot lamp merah akan menyala jika sistem mendeteksi busur api FCO. Terdapat dua buah tombol pada bagian depan box panel yang digunakan untuk reset nilai latcher dan reset nilai EEPROM Arduino. Pada bagian dalam box panel terdapat PCB sistem, modem, *Mini Circuit Breaker* (MCB), modem, baterai, dan battery charge controller. Penggunaan baterai pada sistem bertujuan agar sistem dapat berjalan walau sumber tegangan 220 VAC padam. Hasil perancangan box panel dapat dilihat pada Gambar 7.

Keterangan Gambar 7.

- 1 Pilot lamp = Lampu sebagai indikator pendeteksi api FCO
- 2 Tombol reset = Tombol untuk reset nilai latcher dan reset nilai EEPROM
- 3 PCB Shield = PCB shield sistem dilengkapi mikrokontroler
- 4 Modem = Modem sebagai perangkat komunikasi
- 5 Catu daya = Catu daya sistem terdiri dari baterai serta *battery charge controller*

Alat deteksi api Fuse Cut Out akan dipasang pada gardu distribusi. Sensor dipasang pada tiang gardu dengan arah sensor tegak lurus dengan jarak 1 meter dari FCO agar dapat mencakup sudut pendeteksian FCO. Panel box sistem diletakkan pada bagian bawah gardu distribusi untuk mempermudah pengoperasian atau perbaikan komponen. Perancangan tata letak alat dapat dilihat pada Gambar 8.

Proses desain tampilan *Human Machine Interface* (HMI) dilakukan menggunakan aplikasi bernama Survalent Smartvu. Tampilan HMI *existing* yang digunakan PT. PLN (Persero) UP2D Jawa Tengah DIY menampilkan lokasi, status perangkat (*telesignal*), besaran listrik (*telemeter*), kontrol jarak jauh (*telecontrol*), dan informasi-informasi lainnya. Tampilan HMI *new plan* (ditunjukkan dengan kotak merah pada Gambar 9.) dilakukan dengan penambahan status

alarm FCO serta kontrol reset alarm FCO. Sinyal deteksi api akan tampil pada bagian “telesignal alarm FCO” dengan menampilkan status kondisi FCO. Jika terdeteksi api pada FCO maka akan menampilkan tulisan ‘on’ dan jika tidak mendeteksi api pada FCO maka akan menampilkan tulisan ‘off’. Pada HMI dirancang dapat mengirim sinyal reset alarm FCO. Reset alarm FCO dikirim secara jarak jauh (*remote*) bila FCO di lapangan telah dikondisikan oleh teknisi. Perancangan tampilan HMI dapat dilihat pada Gambar 9.

D. Integrasi SCADA

Sistem yang telah dibuat pada urutan pelaksanaan sebelumnya kini perlu diintegrasikan dengan sistem SCADA eksisting. Proses integrasi menggunakan komunikasi data modem dengan jaringan GSM 4G khusus. Modem akan mengirim file downlink yang berisikan alamat, tipe data, data, dan lainnya dari perangkat di *remote station* menuju aplikasi *Intek User Interface*. Pada aplikasi Intek User Interface akan mengirim file uplink yang berisikan gabungan beberapa file downlink dan pada tahap ini terdapat proses untuk menyatukan IP GSM 4G dengan IP server agar dapat terhubung. File uplink perlu dikirim terlebih dulu menggunakan aplikasi Filezilla untuk mendapatkan file intekcon. File intekcon inilah yang digunakan untuk tampilan *Human Machine Interface* (HMI) pada aplikasi Survalent Smartvu. Tampilan SmartVu berisikan letak pemasangan alat deteksi FCO, status deteksi FCO (on atau off), serta kontrol reset alarm deteksi FCO. Skema integrasi dapat dilihat pada Gambar 10.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Berdasar hasil perhitungan AHP kemudian dilakukan pengujian sensor api. Sistem yang dibuat menggunakan sensor api yang telah dipilih lalu diintegrasikan dengan SCADA agar dapat dipantau secara jarak jauh. Setelah sistem dapat diintegrasikan maka dilakukan pengujian fungsi SCADA pada aplikasi Survalent Smartvu.

A. Perhitungan *Analitycal Hierarchy Process*

Penentuan tingkat kriteria judgement qualitative approach yang dilakukan oleh pengguna yaitu pegawai bagian fasilitas operasi PT PLN (Persero) UP2D Jateng-DIY, pemberian nilai numerik berdasar Tabel Bobot Prioritas (Tabel 1). Didapatkan hasil kuisioner yaitu nilai bobot numerik kriteria yaitu “7” pada perbandingan sensitivitas dan jarak karena api yang timbul jika FCO putus hanya sekejap serta tidak memerlukan jarak yang jauh. Sehingga dapat dibaca menjadi ‘sensitivitas sangat jelas lebih penting dari jarak’ atau dapat ditulis sebagai berikut: Sensitivitas : Jarak = 7 : 1

Pembuatan tabel perbandingan berpasangan dari nilai bobot prioritas yang telah ditentukan. Nilai tabel perbandingan berpasangan diisi dari baris ke kolom. Sebagai contoh pengisian tabel perbandingan berpasangan kriteria sensitivitas banding jarak. Sensitivitas memiliki nilai ‘7’ dibanding jarak, dan perbandingan jarak dengan sensitivitas berkebalikannya yaitu dengan nilai 1/7. Mencari solusi eigenvector dari Tabel 2,

a. Kuadrat matrik

$$\begin{bmatrix} \text{Sensivitas} \\ \text{Jarak} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 0,14 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 0,14 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensivitas \\ Jarak \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,98 & 14 \\ 0,28 & 1,98 \end{bmatrix}$$

b. Penjumlahan baris dari hasil kuadrat matrik

$$\begin{bmatrix} Sensivitas \\ Jarak \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,98 + 14 \\ 0,28 + 1,98 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensivitas \\ Jarak \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15,98 \\ 2,26 \end{bmatrix}$$

c. Penjumlahan kolom dari hasil penjumlahan baris

$$\begin{aligned} \text{Total kolom} &= [15,98 + 2,26] \\ &= [18,24] \end{aligned}$$

d. Normalisasi

$$\begin{bmatrix} Sensivitas \\ Jarak \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15,98 : 18,24 \\ 2,26 : 18,24 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensivitas \\ Jarak \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,87 \\ 0,12 \end{bmatrix} \text{ Eigenvector Sensitivitas}$$

Penentuan judgement sensitifitas tingkat alternatif yaitu seperti pada Tabel 3. Perbandingan deteksi awal gelombang seperti pada Tabel 4

$$\begin{aligned} \text{UVTron} : \text{IR Flame} &= 185 : 760 \\ &= 1 : 4 \end{aligned}$$

Mencari solusi eigenvector dari Tabel 4,

a. Normalisasi

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 0,25 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 0,25 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 8 \\ 0,5 & 2 \end{bmatrix}$$

b. Penjumlahan baris dari hasil kuadrat matrik

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 + 8 \\ 0,5 + 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 2,5 \end{bmatrix}$$

c. Penjumlahan kolom dari hasil penjumlahan baris

$$\begin{aligned} \text{Total Kolom} &= [10 + 2,5] \\ &= [12,5] \end{aligned}$$

d. Normalisasi

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 : 12,5 \\ 2,2 : 12,5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,80 \\ 0,20 \end{bmatrix}$$

Penentuan judgement tingkat alternatif jarak ideal dilakukan dengan cara quantitative approach atau berdasar data yang tersedia. Pada datasheet sensor UVTron mendeteksi api hingga sejauh 5 meter sedangkan sensor IR flame mendeteksi api hingga sejauh 1 meter. Perbandingan jarak ideal UVTron dengan IR Flame bernilai yaitu 5:1 jika ditinjau dari jarak deteksi terjauh. Perbandingan jarak ideal UVTron dengan IR Flame bernilai yaitu 1:5 jika ditinjau dari jarak deteksi ideal. Nilai perbandingan yang digunakan ditinjau dari jarak ideal pemasangan sensor. Penentuan judgement jarak dapat dilihat pada Tabel 5. Perbandingan jarak deteksi api sensor sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{UVTron} : \text{IR Flame} &= 5 \text{ meter} : 1 \text{ meter} \\ &= 5 : 1 \text{ (ditinjau dari jarak terjauh)} \\ &= 1 : 5 \text{ (ditinjau dari jarak ideal)} \end{aligned}$$

Mencari solusi eigenvector dari Tabel 6.

a. Kuadrat matrik

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0,20 \\ 5 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0,20 \\ 5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0,4 \\ 10 & 2 \end{bmatrix}$$

b. Penjumlahan baris dari hasil kuadrat matrik

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 + 0,4 \\ 10 + 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,4 \\ 12 \end{bmatrix}$$

c. Penjumlahan kolom dari hasil penjumlahan baris

$$\begin{aligned} \text{Total kolom} &= [2,4 + 12] \\ &= [14,4] \end{aligned}$$

d. Normalisasi

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,4 : 14,4 \\ 12 : 14,4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,83 \end{bmatrix} \text{ Eigenvector Jarak}$$

Untuk mendapat hasil keputusan, tiap bobot alternatif dikali bobot kriteria,

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,80 & 0,19 \\ 0,20 & 0,83 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,87 \\ 0,12 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Sensor UVTron \\ Sensor IR Flame \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7188 \\ 0,2736 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perhitungan AHP didapatkan hasil peringkat sensor yang dapat digunakan pada sistem dapat dilihat pada Tabel 7. Penentuan tingkat kriteria dapat dilihat pada Gambar 11 dan Hirarki AHP Sistem disertai eigenvector dapat dilihat pada Gambar 12.

B. Perbandingan perhitungan AHP dengan Expert Choice

Dilakukan pengujian metode AHP dengan aplikasi Expert Choice guna perbandingan dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya untuk perhitungan eigenvector. Perhitungan nilai eigenvector kriteria dengan menggunakan Expert Choice didapatkan nilai sebesar 0,750 untuk Sensitivitas dan 0,250 untuk Jarak seperti ditunjukkan pada Gambar 13.

Perhitungan Alternatif Sensitivitas dengan Expert Choice didapatkan hasil yaitu untuk sensor UVTRon sebesar 0,8 dan untuk sensor IR Flame sebesar 0,2 seperti ditunjukkan pada Gambar 14. Perhitungan Alternatif Jarak didapatkan hasil yaitu untuk sensor UVTron sebesar 0,167 dan untuk sensor IR Flame sebesar 0,833 seperti ditunjukkan pada Gambar 15. Hasil Akhir Perhitungan AHP dengan Expert Choice dapat dilihat pada Gambar 16.

Perbandingan perhitungan uji metode AHP dengan menggunakan aplikasi Expert Choice didapatkan hasil bahwa Sensor yang paling tepat digunakan pada sistem yaitu sensor UVTron seperti dapat dilihat pada Tabel 8.

C. Uji Sensor Api

Pengujian Sensor UVTron dan IR Flame dilakukan menggunakan api yang berasal dari korek sebab peneliti memiliki keterbatasan jika sensor diuji saat sistem terpasang. Pengujian sensor dilakukan mulai dari jarak 30 cm hingga 600 cm pada luar ruangan dan terdapat sinar matahari secara langsung. Pengujian jarak sensor dilakukan untuk membandingkan hasil peringkat yang didapat dari perhitungan bobot dengan metode AHP. Hasil pengujian sensor UVTron saat mendeteksi api dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

D. Integrasi Sistem

Sistem yang telah dirancang kemudian diintegrasikan agar dapat tampil pada HMI. Sinyal deteksi api dikirim menggunakan Modem Robustel Modem Robustel sebagai penghubung perangkat remote station dan master station. Pada modem akan terdapat file downlink yang berfungsi untuk menghubungkan dengan server SCADA. Selanjutnya terdapat Intek User Interface sebagai aplikasi untuk pembuatan file uplink dari downlink yang didapat sebelumnya supaya dapat terhubung dengan server. File uplink akan dikirim ke server secara jarak jauh (remote) menggunakan aplikasi Filezilla. File uplink dari Intek User Interface yang diterima Filezilla bernama intekon. File intekon inilah dikirim oleh Gateway dan Server menuju HMI, dan dijadikan sebagai bahan pembuatan tampilan HMI pada aplikasi Survalent Smartvu. Sistem pada kondisi siaga dan tidak mendeteksi adanya api, akan menampilkan status alarm FCO yaitu off dan reset FCO off (warna hijau) yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 17.

Selanjutnya jika sistem mendeteksi adanya api pada FCO maka tampilan HMI akan menampilkan 'status alarm FCO on' seperti pada Gambar 18 Jika HMI menampilkan status alarm FCO on, maka pada lokasi titik perlu dilakukan tindakan lanjut yaitu dengan dilakukan peninjauan oleh tim yang berada di lapangan. Anggota tim lapangan akan mengecek kondisi FCO dan melakukan penggantian FCO jika FCO telah putus.

V. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari proyek akhir Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process pada Pemilihan Sensor Alat Pendeteksi Busur Api Fuse Cut Out Terintegrasi Sistem SCADA adalah sebagai berikut : (1) Berdasarkan perhitungan manual dengan metode Analytical

Hierarchy Process ditinjau dari sensitivitas dan jarak. Sensor UVTron menempati peringkat pertama pilihan sensor dengan perhitungan nilai bobot akhir 0,7188 dan sensor IR flame menempati peringkat kedua pilihan sensor yang dapat digunakan pada sistem dengan perhitungan nilai akhir AHP sebesar 0,2736; (2) Berdasarkan hasil perhitungan metode AHP menggunakan Expert Choice didapatkan hasil bahwa sensor UVTron menempati peringkat pertama pilihan sensor dengan perhitungan nilai bobot akhir 0,646 dan sensor IR flame menempati peringkat kedua pilihan sensor yang dapat digunakan pada sistem dengan perhitungan nilai akhir AHP sebesar 0,354; (3) Sistem yang dirancang telah dapat diintegrasikan dengan SCADA untuk di tampilkan pada Human Machine Interface (HMI) pada aplikasi Survalent Smartvu karena telah dapat menampilkan status terkini kondisi (alarm) Fuse Cut Out dan reset alarm FCO jika FCO yang putus telah diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Medilla Kusriyanto and Muhammad Syarifuddin, "Mini Scada Berbasis Mikrokontroler ATMega 32 dengan Komunikasi Modbus Rs 485 dan Sistem Monitoring Menggunakan Visual Basic," in *Seminar Nasional ke - 9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, Yogyakarta, 2014, pp. 243–248.
- [2] R. Yusmartato and A. Nasution, "Pemilihan fuse cut out untuk pengamanan transformator distribusi 400 KVA," *Journal of Electrical Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 73–79, 2019.
- [3] B. Mahendra, "Analisis Reposisi Fuse Cut Out pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Penyulang KDS03 di PT PLN (Persero) Rayon Kudus Kota," Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 2017.
- [4] Y. A. Kurniawan, "Sistem Penunjang Keputusan dalam Penentuan Prioritas Pemilihan Proyek Tranmisi Menggunakan Metode AHP dan Expert Choice," Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [5] Erni Setyaningsih, "Perbandingan Karakteristik Sensor Uvtron dan Photodiode sebagai Pendeteksi Titik Api pada Wahana Terbang Vertical Take-Off Landing (VTOL) Berbasis Mikrokontroler," Universitas Negeri Malang, Semarang, 2017.