

## RANCANG BANGUN FUSE HOLDER REPLACEMENT PADA REPLIKA CUT OUT MENGGUNAKAN POLE CLIMBING ROBOT BERBASIS ANDROID DAN HAAR CASCADE

Fany Maulidin Riyanto<sup>1</sup>, Isa Rachman<sup>2</sup>, dan Ryan Yudha Adhitya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : fanymaulidin@student.ppn.ac.id

### Abstrak

Salah satu tahap untuk menjaga kontinuitas aliran listrik adalah pemasangan sistem proteksi berupa *Fuse Cut Out* (FCO) pada trafo distribusi. Jika dilakukan dengan *manpower*, proses pemasangan *fuse* keseluruhan membutuhkan waktu 15 menit. Tugas akhir ini bertujuan untuk mempersingkat durasi pemasangan bagi pekerja dan *safety* apabila terjadi ledakan dalam pemasangan *holder fuse* dengan menggunakan *pole climbing robot* sebagai pengganti *manpower* maupun tongkat *stick*. Digunakan *raspberry pi 4*, dilengkapi dengan sensor kamera menggunakan metode *haar cascade* dan sensor jarak, maka *robot* dapat mendeteksi setiap posisi dan kondisi *fuse* belum atau sudah terpasang. *Pole climbing robot* dikendalikan dan dimonitoring oleh aplikasi android. Didapatkan tingkat keakuratan metode *haar cascade* tertinggi pada *scale factor 4*, *minimum size* sebesar 50x60 *pixel*, dan *minimum neighbors* sebanyak 24. Pada *remote mode manual* didapatkan *fuse* terpasang pada FCO sebanyak 3 dari setiap pengujian pemasangan dan waktu total selama 4 menit pada pengujian pertama, dan 3,65 menit pada pengujian ke dua. Mode otomatis, didapatkan jumlah *fuse* terpasang sebanyak 3 selama 2.55 menit untuk pengujian pertama dan *fuse* terpasang sebanyak 2 untuk pengujian ke-dua selama 2.65 menit. Dari pembuatan alat tersebut dapat dihasilkan efektivitas waktu pemasangan berdasarkan selisih waktu anatara mode otomatis dan *manpower* dengan selisih total waktu 6.05 menit.

**Kata Kunci:** *Fuse Cut Out, Haar Cascade, OpenCv, Pole Climbing Robot.*

### 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan peraturan kementerian energi dan sumber daya mineral (ESDM) pada nomor 4 tahun 2009 mengenai aturan jaringan distribusi tenaga listrik, bahwa semua transformator jaringan distribusi dilakukan pemasangan perangkat proteksi diantaranya *arrester* dan *fuse cut out* proteksi terhadap beban lebih dan arus hubung singkat berupa pemutus tenaga[1]. Aturan tersebut disusun agar tegangan maupun arus lebih dari gardu induk terputus, sehingga menjaga kondisi trafo dan perangkat elektronik pengguna tetap terjaga.

Salah satu perangkat proteksi adalah *fuse cut out* (FCO), merupakan pengaman untuk mengantisipasi keamanan jaringan terhadap beban dan arus maksimum. FCO diletakkan diantara *arrester* dan trafo disetiap *line* [2]. Namun terdapat beberapa kasus yang terjadi pada proses pemasangan menyebabkan suatu ledakan pada *fuse* dikarenakan arus kejut yang terlalu besar. Selain itu pemasangan masih dilakukan secara manual menggunakan

*manpower* maupun *stick* berpotensi membahayakan pekerja.

Berdasarkan uraian diatas, penulis akan membuat sebuah rancang bangun alat untuk mempersingkat durasi pemasangan *fuse* oleh pekerja pada saat melakukan pemasangan *fuse* pada *cut out* trafo distribusi. Alat tersebut berupa *pole climbing robot* atau robot pemanjat tiang dan lengan robot dengan *servo* sebagai penggerakannya. Alat ini dikontrol menggunakan komunikasi *wireless* antara aplikasi android dan *raspberry pi 4* yang terhubung dengan arduino sebagai sistem kontrol. Digunakan *camera* dengan metode *haar cascade* untuk mendeteksi posisi *brass cut out* secara otomatis dan juga menentukan arah putaran motor sehingga lengan robot dapat berpindah dari kanan ke kiri dan sebaliknya. Aplikasi android digunakan untuk *memonitoring* apakah posisi peletakan *fuse* sudah tepat dan presisi. Dengan demikian, penulis mengangkat sebuah penelitian dengan judul “Rancang Bangun *Fuse Holder Replacement* Pada Replika *Cut Out* Trafo Distribusi Menggunakan *Pole*

Climbing Robot Berbasis Android Dan Haar Cascade”.

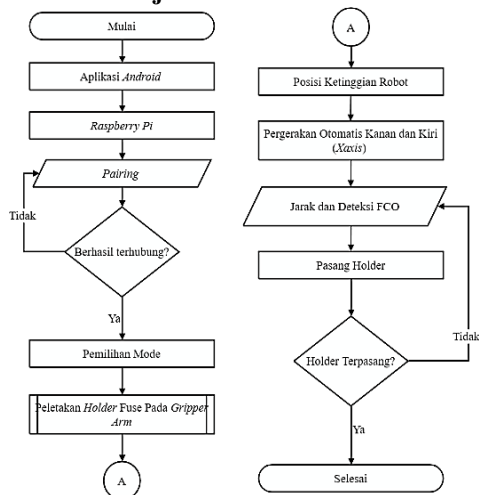
## 2. METODE

### 2.1 Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan sistem merupakan langkah untuk mengetahui dan memahami peralatan yang dibutuhkan sistem yang akan dipergunakan dalam penelitian. Berikut peralatan yang digunakan antara lain adalah :

Motor DC 34V                      IP Camera  
Motor Servo Mg996R          Driver BTS7960  
Raspberry Pi 4                    Sensor Ultrasonik  
Arduino Mega 2560

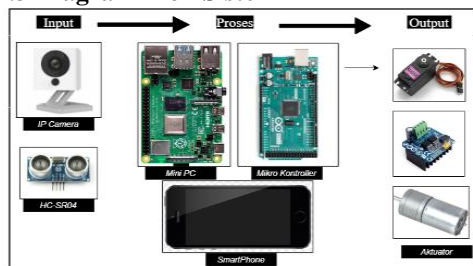
### 2.2 Alur Kerja Sistem



Gambar 2. 1 Alur Kerja Sistem

Sistem kerja alat ini dimulai dengan membuka *smartphone* dengan mengaktifkan *wifi*. kemudian dilakukan proses *pairing* dimana android akan mengakses *wifi secure shell* (SSH) dari *Raspberry Pi 4*. Jika sudah berhasil terhubung maka selanjutnya adalah pemilihan mode manual atau otomatis pada sistem.

### 2.3 Diagram Blok Sistem



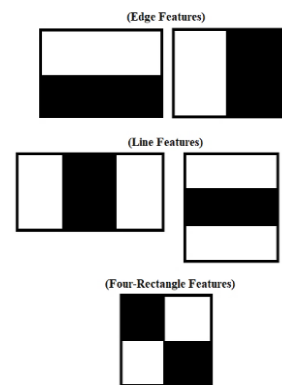
Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang merupakan alur atau mekanisme alat dari

penelitian ini. Aplikasi android sebagai pusat pengendalian dan *monitoring* robot. Kecepatan diatur oleh driver motor dan *servo* digerakkan dengan signal PWM dari arduino.

### 2.4 Algoritma Haar Cascade

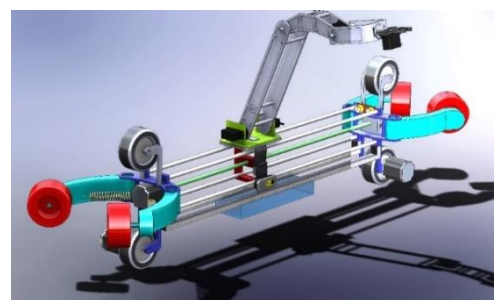
Pendeteksian objek menggunakan algoritma *haar cascade* adalah metode untuk pendeteksian objek secara efektif.[3] Metode ini adalah pendekatan berbasis *learning* mesin dimana fungsi *cascade* dilakukannya proses *training* dari banyak dataset gambar positif dan negatif.



Gambar 2.3 Algoritma Haar Cascade

Ukuran dan lokasi dari setiap *kernel* digunakan untuk menghitung banyak fitur. Untuk perhitungan di setiap fitur harus menemukan jumlah *pixel* di bawah persegi panjang putih dan hitam. Perhitungan berapa banyak jumlah *pixel* yang disederhanakan, seberapa besar *pixel*, hingga operasi yang hanya melibatkan empat *pixel*. Berdasarkan uraian tersebut kualitas gambar rata-rata *pixel* menjadikan pendeteksian objek sangat cepat.

### 2.5 Perancangan Mekanik

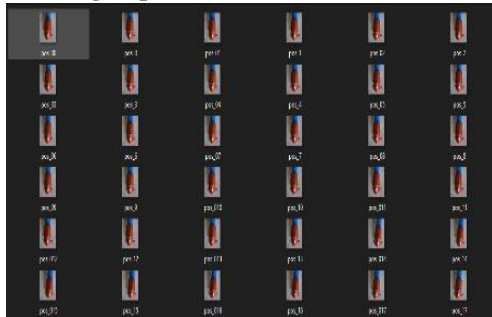


Gambar 2.4 Perancangan Mekanik

Gambar 2.4 menunjukkan hasil perancangan *pole climbing robot*. Dimana terdapat beberapa komponen yang meliputi, capit, roda, motor gearbox, dynamo, long bolt dan servo.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengumpulan dataset



Gambar 3.1 Dataset Fuse Holder Positif



Gambar 3.2 Dataset FCO Positif

Pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan beberapa dataset positif berupa *fuse cut out*. Peneliti menggunakan dataset positif sebanyak 200 gambar dengan resolusi sebesar 72 dpi dan ukuran 38 x 57 pixel.



Gambar 3.3 Dataset Negatif

Gambar diatas adalah dataset negatif yaitu berupa *object* selain *fuse cut out*. Perbandingan antara dataset positif dan negatif harus sebanding. lebih banyak dataset yang digunakan maka pendeteksian objek semakin cepat dan akurasi yang cukup tinggi.

#### 3.2 Pengujian Metode Haar Cascade

Ukuran masing – masing gambar positif dan variabel dataset untuk dilakukan proses *adabost training* yakni sebesar 38, 57 pixel, karena jika ukuran gambar atau dataset kecil maka waktu proses *training* akan semakin cepat dan akurasi yang cukup tinggi. Haar cascade memiliki variabel – variabel yang

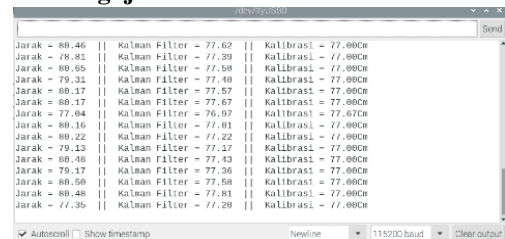
dapat diatur agar didapatkan hasil pendeteksian *object* yang tepat. Variabel tersebut antara lain:  
SF = Scale factor  
MS = Minimum size (width, height)  
NB = Minimum neighbors  
DS = Distance (cm)  
BB = Bounding box

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Metode Haar Cascade

No	DS	SF	MS	NB	BB	Hasil
1	40	4	50, 60	25	1	
2	40	4	50, 60	24	1	
3	40	4.4	50, 60	30	0	
4	40	5	50, 60	35	0	

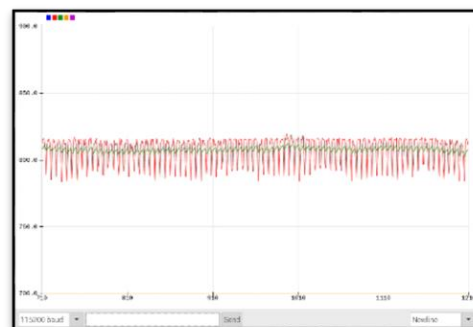
Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa variabel tersebut sangat berpengaruh pada proses pendeteksian objek. Didapatkan hasil dan akurasi maksimum pada SF = 4, MS = 50x60 pixel dan NB = 20 s/d 25.

#### 3.3 Pengujian Sensor Jarak



Gambar 3.4 Pengujian Sensor Jarak

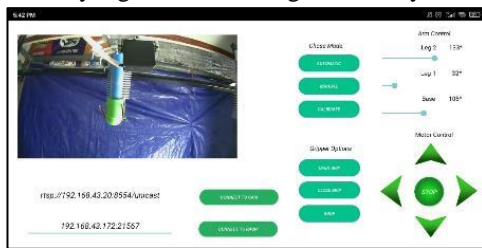
Pada Gambar 3.4 jarak terbaca oleh sensor tidak stabil atau dapat dikatakan mengalami fluktuasi berikut grafik perbandingan antara jarak yang terbaca dan setelah dilakukan filterisasi:



**Gambar 3.5** Kalibrasi Sensor (Kalman Filter) Grafik tersebut menunjukkan bahwa filter kalman berwarna hijau, berhasil mengurangi *noise* atau fluktuasi yang diterima pada saat pembacaan jarak oleh sensor berwarna merah, namun masih belum stabil dan tetap berfluktuasi.

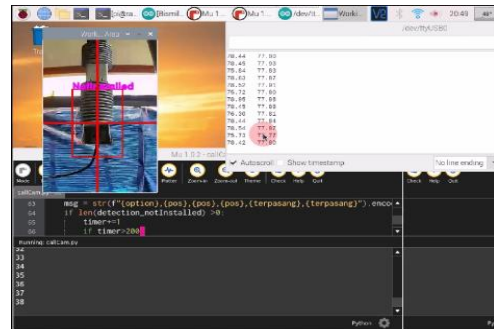
### 3.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan bertujuan untuk mengetahui letak kesalahan atau *trouble* pada sistem yang telah dirancang sebelumnya.



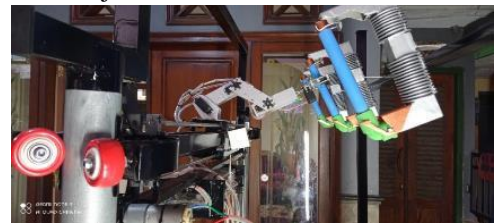
**Gambar 3.6** Tampilan *Software Remote* Peneliti melakukan pengujian mulai dari kekuatan motor *Gearbox*, lengan *Servo*, *IP Camera* dan *Raspberry Pi* yang menjadi pusat kontrol dari sistem.

**Gambar 3.6** menunjukkan tampilan *software* sebagai *remote* dan *monitor* dari *IP Camera* untuk mengetahui posisi *fuse cut out*. Pada saat pertama membuka aplikasi *remote* tersebut maka secara *default* mode manual. Pengguna dapat merubah mode sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Pada mode manual dibutuhkan kejelasan dan pengguna harus beradaptasi dengan *remote* agar *Pole Climbing Robot* berjalan dengan benar. Konektifitas dapat diubah sesuai dengan alamat *ip* dari *Raspberry pi*.



**Gambar 3.7** Detect Object dan Pengukuran Jarak

Pada **Gambar 3.7** menunjukan bahwa metode *haar cascade* mendeteksi *fuse* belum terpasang. Mode otomatis *slider* akan bergerak ke kanan secara otomatis jika android mengirimkan data “Ma” dan *camera* akan mengirimkan data ke *server* berupa *byte* yang nantinya akan menjadi parameter kondisi (“Au” + ” terpasang = 1”) sampai *timer* bernilai lebih dari ( $> 300$ ). Jika jarak yang terbaca lebih dari sama dengan ( $\geq 77.00$  cm), maka motor akan berhenti, kemudian proses pemasangan akan berjalan.



**Gambar 3.8** Proses Pemasangan *Fuse Holder* **Gambar 3.8** pemasangan *fuse holder* adalah proses *final* dari pengujian sistem. Jika *fuse* sudah terpasang maka akan ke proses awal yaitu peletakan *fuse* pada *gripper* lengan robot.

### 3.5 Hasil Pengujian Mode Manual

Pengujian pemasangan menggunakan mode manual (*remote*). Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan ketinggian tiang bantu replika 1.5 meter. Setiap tabel pada pengujian mode manual dimaksudkan dalam satu kali proses, dimana terdapat 3 kali pemasangan *fuse*. Berikut adalah data hasil pengujian waktu pemanjatan, pemasangan, waktu turun dan total *fuse* terpasang:

**Tabel 3.2** Hasil Pengujian Mode Manual ke 1

No	`PWM Naik		PWM Turun		Waktu (detik)				Total (terpasang)
	R	L	R	L	Naik	Pemasangan	Turun	Total	
1	127.2	126	22.5	22.2	7	52	21	80	✓

2	127.2	126	22.5	22.2	7	43	20	70	✓
3	127.2	126	22.5	22.2	7	55	32	94	✓
Waktu Total (detik)								244	3
Waktu Total (menit)								4	

**3.6 Hasil Pengujian Mode Otomatis**

Berikut hasil pengujian menggunakan mode otomatis dengan ketinggian tiang replika 1.5 meter. Setiap tabel dimaksudkan

keseluruhan dari proses pemasangan dimana terdapat 3 fuse. Berikut adalah tabel hasil pengujian jika proses pemasangan menggunakan mode otomatis

**Tabel 3.3** Hasil Pengujian Mode Otomatis ke 1

No	PWM Naik		PWM Turun		Waktu (detik)				Total (terpasang)
	R	L	R	L	Naik	Pemasangan	Turun	Total	
1	127.2	126	22.5	22.2	7	22	23	52	✓
2	127.2	126	22.5	22.2	7	19	22	48	✓
3	127.2	126	22.5	22.2	7	23	25	55	✓
Waktu Total (detik)								153	3
Waktu Total (menit)								2.55	

Berdasarkan **Tabel 3.3**, didapatkan hasil waktu 2.55 menit, dengan total fuse terpasang sebanyak 3. Peneliti melakukan percobaan ke

dua guna mengetahui keakuratan dan waktu pemasangan.

**3.7 Hasil Perbandingan Mode Otomatis dengan Manpower**

Ketinggian *fuse cut out* pada gardu sebenarnya sebesar 7,8 meter. Mengacu pada peraturan PLN yang tertera di “Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik”. [4]

kedua perbedaan tinggi *fuse cut out* tersebut sebesar 1 : 5,2 , maka dari itu peneliti dapat menemukan hasil kecepatan naik dan turun *pole climbing robot* jika dilakukan pada ketinggian sebenarnya. Berdasarkan pada tabel perbandingan ketinggian sebelumnya, maka didapatkan kecepatan naik dan turun *pole climbing robot* dengan rumus :

**Tabel 3.4** Perbandingan Ketinggian FCO

Ketinggian Fuse Cut Out (meter)	
Replika	Sebenarnya
1,5	7,8

$$T_n, t = \frac{H_s}{H_r} \times T_o \quad (3 - 6)$$

Keterangan :

- Hs** =Ketinggian replika *fuse cut out*.
- Tn,t** =Waktu naik atau turun pada ketinggian sebenarnya.
- Hr** =Ketinggian *fuse cut out* sebenarnya.
- To** =Waktu naik atau turun mode otomatis pada ketinggian replika.

Berdasarkan **Tabel 3.4**, ketinggian *fuse cut out* pada replika jaringan distribusi setinggi 1,5 meter. Ketinggian *fuse cut out* berdasarkan penerapan di lapangan adalah setinggi 7,8 meter. Didapatkan hasil perbandingan dari

**Tabel 3.5** Durasi Pemasangan Ketinggian FCO Sebenarnya

No	PWM Naik		PWM Turun		Waktu(detik)			
	R	L	R	L	Naik	Pemasangan	Turun	Total
1	127.2	126	22.5	22.2	36.4	22	119,6	178
2	127.2	126	22.5	22.2	36.4	19	114.4	169.8
3	127.2	126	22.5	22.2	36.4	23	130	189,4
Waktu Total (detik)								537.2
Waktu Total (menit)								8.95

**Tabel 3.6** Perbandingan pemasangan Mode Otomatis dengan *Manpower*

No	Media Pemasangan	Ketinggian (meter)	Total Waktu (menit)
1	Manual oleh Petugas	7,8	±15
2	Mode otomatis <i>pole climbing robot</i>	7,8	8,95
Selisih Waktu			6,05

Berdasarkan **Tabel 3.6**, total waktu pemasangan jika dilakukan oleh *manpower* adalah 15 menit, sedangkan pada mode otomatis memakan waktu sebesar 8,95 menit. Diperoleh selisih hasil pemasangan antara mode otomatis dengan jika dilakukan oleh *manpower* adalah sebesar 6,05 menit.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Cara melakukan pemasangan *fuse* secara otomatis pada replika jaringan distribusi adalah menggunakan *pole climbing robot*, dilengkapi dengan beberapa fitur sebagai berikut :
  - a. *Motor gearbox* :Aktuator pemanjat dan penurun robot.
  - b. *Dynamo* :Pemindah posisi *linear slider*.
  - c. Lengan robot : Pemasang *fuse*.
  - d. *IP Camera* :Sensor pendeteksian objek dan *monitoring*.
  - e. *Android remote* :Pengontrol sekaligus *monitoring* robot.

Dari fitur tersebut, *pole climbing robot* juga memiliki mode otomatis yang dapat melakukan pendeteksian dan pemasangan *fuse* secara otomatis. Sehingga pemasangan *fuse* tidak perlu melakukan pemasangan *fuse* dengan *stick* maupun memanjat gardu distribusi secara langsung.
2. Pengaplikasian *pole climbing robot* pada replika jaringan distribusi dari keseluruhan proses pemasangan *fuse holder* dapat dilakukan menggunakan dua mode dan dengan hasil yang berbeda, diantaranya:
  - a. Mode manual, didapatkan hasil waktu pemasangan pada pengujian pertama total 3 *fuse* selama 4 menit dan pengujian ke dua total 3 *fuse* terpasang selama 3,65 menit.
  - b. Mode otomatis, didapatkan tingkat akurasi pendeteksian FCO oleh metode *haar cascade* dengan *scale factor* sebesar 4,01, *minimum size* sebesar 50x60 *pixel*, dan *minimum neighbors*

sebanyak 24. Diperoleh waktu keseluruhan proses pemasangan yang lebih singkat dibandingkan dengan mode manual yaitu 2,65 menit. Jumlah *fuse* terpasang sebanyak 3 pada percobaan pertama dan sebanyak 2 *fuse* pada percobaan ke dua.

3. Efektivitas *pole climbing robot* menggunakan mode otomatis dalam segi waktu atau durasi keseluruhan proses berdasarkan hasil pengujian mode otomatis dengan tingkat keberhasilan pemasangan *fuse* sebanyak 3. Jika hasil tersebut dibandingkan dengan pemasangan yang dilakukan oleh *manpower*, didapatkan hasil selisih 6,05 menit.

##### 4.2 Saran

1. Dalam pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dan dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya yaitu:
2. Kepresisian konstruksi dari *Pole climbing robot* sangat berpengaruh pada kinerja robot, terutama bagian *claws* (capit) kanan dan kiri robot. Jika tidak presisi maka robot tidak bisa bergerak ke atas, begitupun dengan posisi *long drat* pada *linear slider*. Jika tidak lurus atau bergelombang maka akan menimbulkan getaran yang cukup besar dan membebani motor. Maka dari itu disarankan menggunakan mesin otomatis seperti CNC untuk pembuatan *spare part* dari konstruksi robot.
3. Sensor kamera yang digunakan penelitian ini memiliki 2 *Frame Per Second* (FPS). Disarankan untuk menggunakan kamera dengan FPS yang lebih tinggi.
4. Komunikasi *IP Camera* dengan *server*, disarankan untuk menambahkan fungsi *timer*, guna mengantisipasi jika terdapat *noise* pada proses peneteksian *object*. Pada mode otomatis *camera* tetap berjalan dan tidak mengirim data ke *server* sampai timer mencapai *setpoint*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Indonesia, “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya mineral Nomor 04 tahun 2009 Tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik,” p. 9, 2009.
- [2] SPLN D3.206, “Spesifikasi Fuse Cut Out,” pp. 1–5, 2017.
- [3] S. Chen, X. Ma, and S. Zhang, “AdaBoost face detection based on haar-like intensity features and multithreshold features,” *Proc. - 2011 Int. Conf. Multimed. Signal Process. C. 2011*, vol. 1, pp. 251–255, 2011, doi: 10.1109/CMSP.2011.58.
- [4] Lampiran Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No 605.k/DIR/2010, “Buku 4 : Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik,” *PT PLN*, 2010.