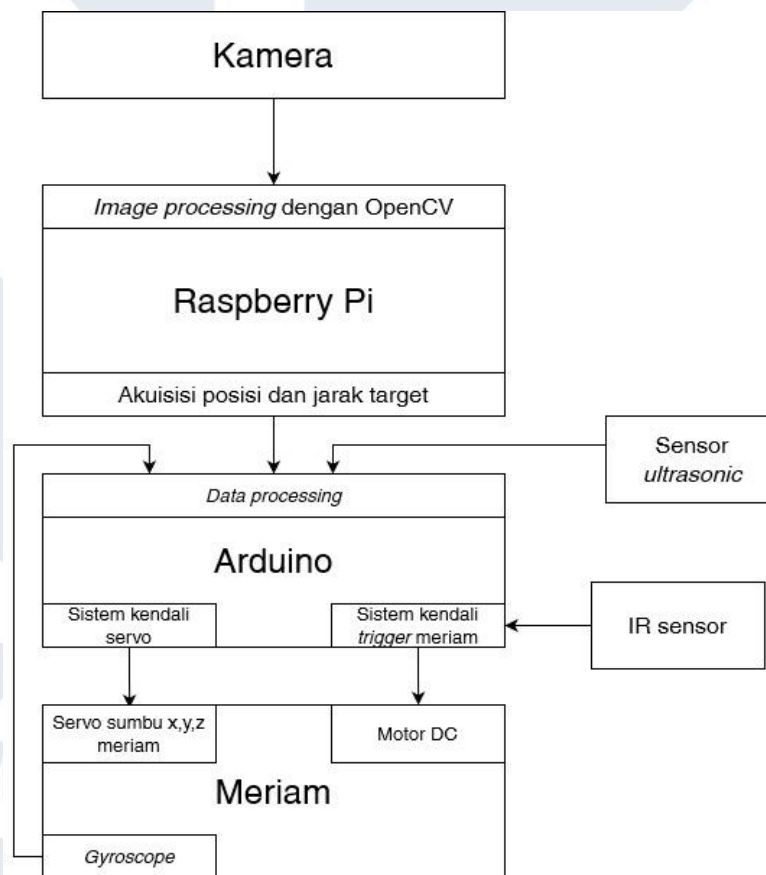


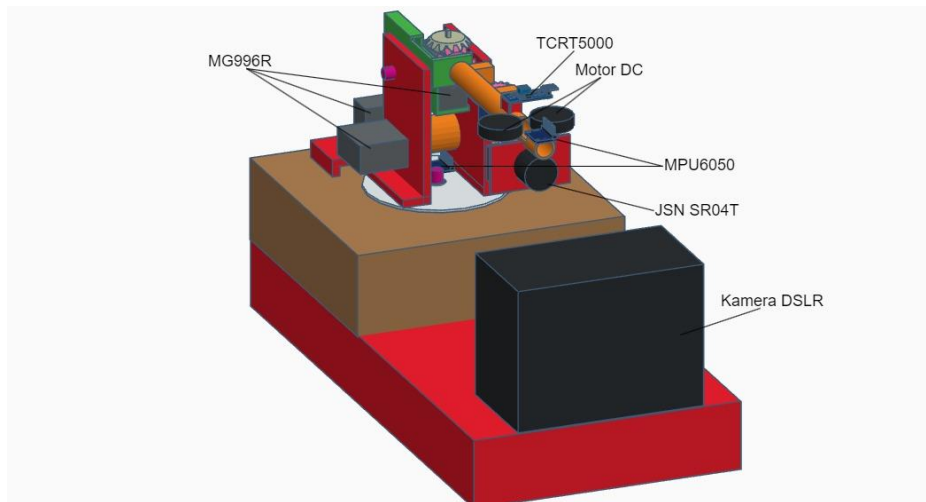
BAB II KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

2.1 Konsep Desain Sistem

Produk akan berbentuk seperti meriam. Struktur meriam akan dibuat menggunakan hasil 3D *print*. Fondasi meriam akan dibuat dari papan akrilik, dan untuk meningkatkan elevasi meriam akan digunakan berbagai bahan yang ada. Komponen elektrikal seperti Arduino Mega, L298N, dan LM2596 akan diletakan didalam satu kotak terpisah. Raspberry Pi yang digunakan juga tidak akan ada di fondasi meriam. Meriam terdiri dari empat servo, dimana empat dari tiga *servo* terhubung ke meriam melalui hubungan *gear* dengan rasio 1:1, dan *servo* terakhir berfungsi untuk mendorong peluru. Di laras meriam akan dipasang sensor ultrasonik, dua motor DC, dan IR sensor TCRT5000. Di depan meriam akan diletakan kamera pada ketinggian yang lebih rendah agar laras meriam tidak terhalang oleh kamera.

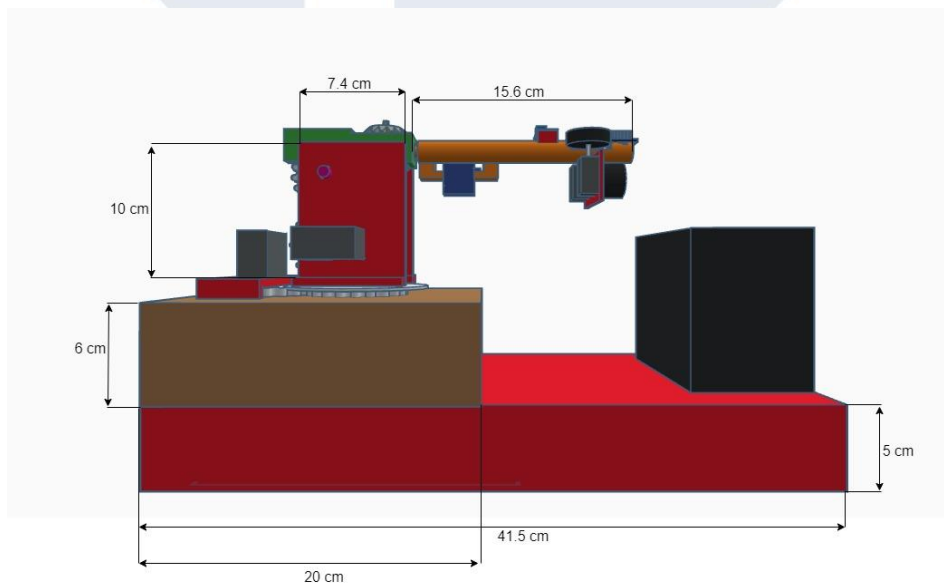


Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem



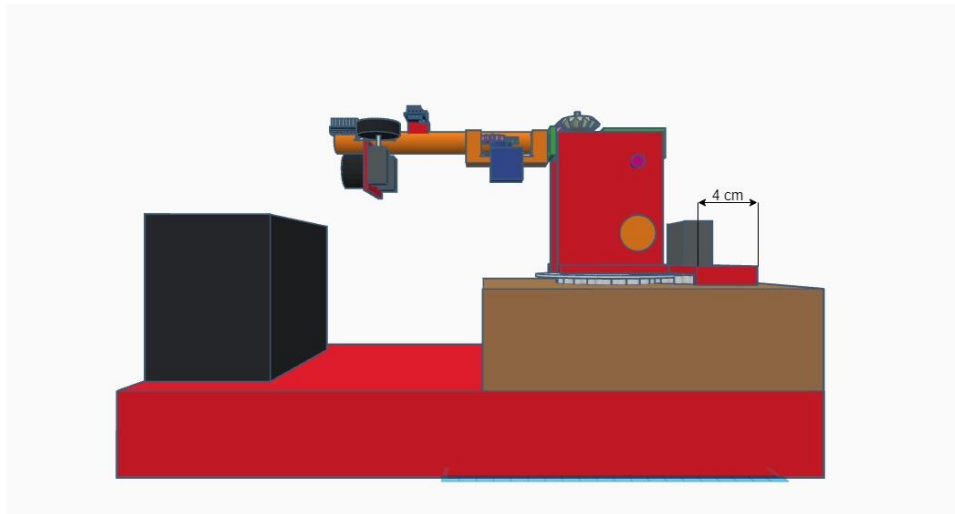
Gambar 2.2 Desain Sistem

Meriam diletakan lebih tinggi daripada kamera agar laras tidak terhalangi oleh kamera. Di ujung meriam, dan di *gear* sumbu-z dipasang MPU6050 untuk mendapatkan posisi badan meriam, dan posisi laras meriam. Motor DC, dan sensor ultrasonik juga dipasang di ujung meriam.



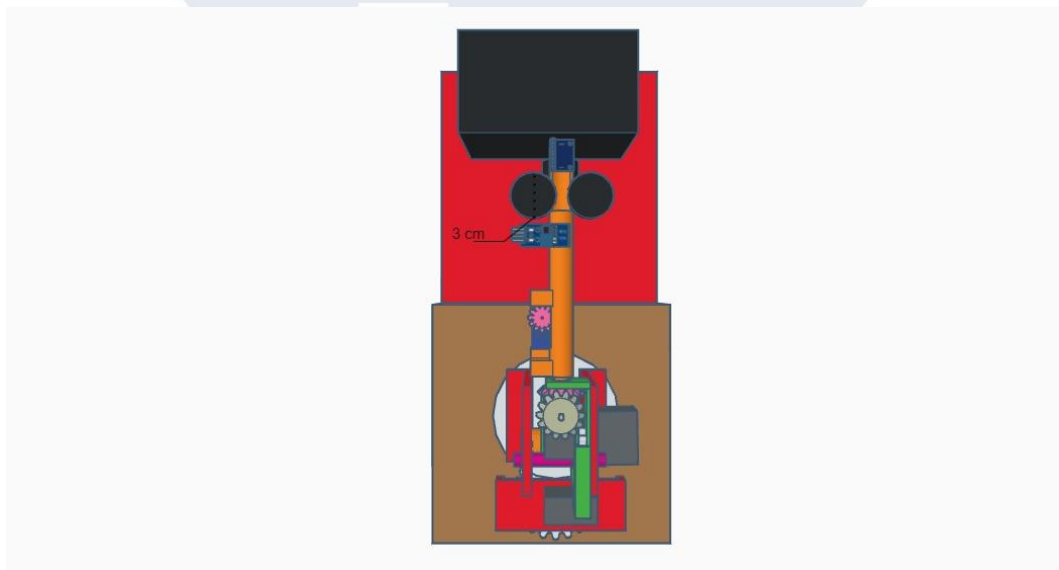
Gambar 2.3 Desain Sistem Dari Kanan

Fondasi sistem memiliki panjang sebesar 41.5 cm, dengan tinggi 5 cm. Diatasnya, meriam diberikan tinggi tambahan sebesar 6 cm agar laras tidak terhalang oleh kamera. Badan meriam memiliki tinggi sebesar 10 cm, dengan panjang 7.4 cm, diletakan diatas *gear* sumbu z. Laras yang terhubung memiliki panjang sebesar 15.6 cm.



Gambar 2.4 Desain Sistem Dari Kiri

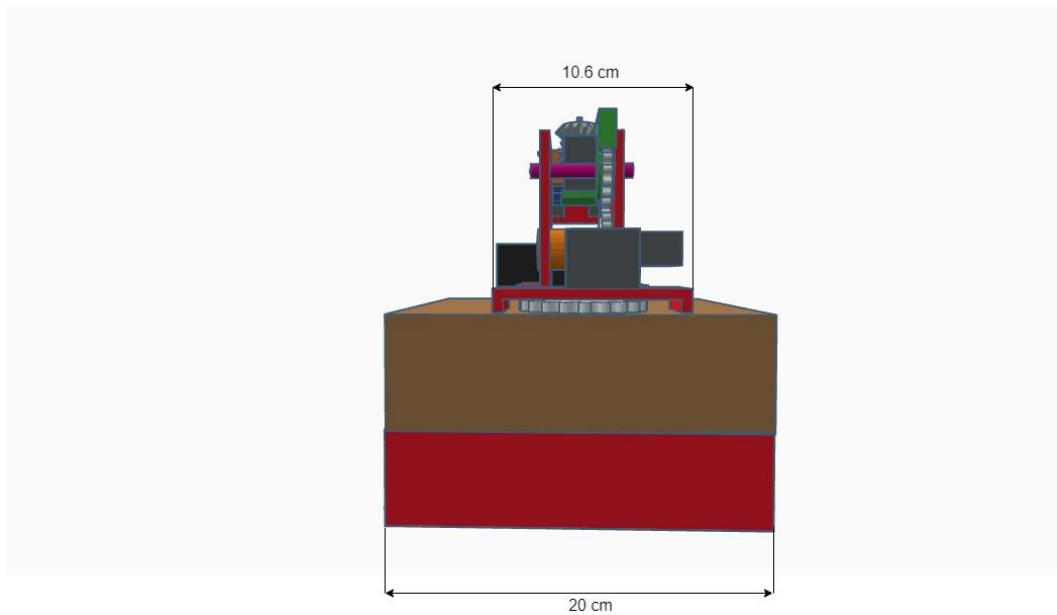
3.1 cm dari dasar laras dipasang *servo* SG90. Servo dipasang *gear* yang berfungsi untuk menggerakkan *rack* yang ada di dalam meriam. *Rack* berfungsi untuk mendorong peluru ke motor DC.



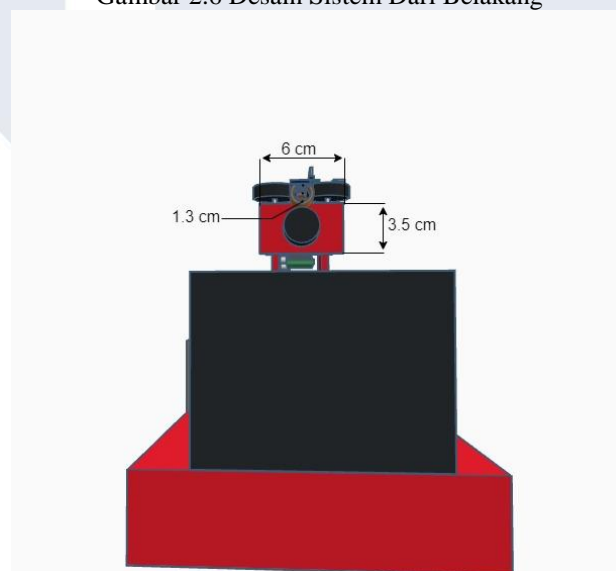
Gambar 2.5 Desain Sistem Dari Atas

Roda yang dipasang ke motor DC memiliki diameter 3 cm, dan terbuat dari karet. Roda berada 12.2 cm dari dasar laras, dan diletakan di sebelah kiri dan kanan laras.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 2.6 Desain Sistem Dari Belakang



Gambar 2.7 Desain Sistem Dari Depan

Laras memiliki diameter 1.3 cm. Di laras dipasang plat dengan panjang 6 cm, dan lebar 3.5 cm. Plat ini digunakan untuk menempelkan motor DC, dan sensor ultrasonik.

2.2 Spesifikasi Sistem

Sistem yang dirancang membutuhkan *microcontroller* dengan kemampuan untuk melakukan *image processing*, dan mengendalikan aktuator. Untuk *image processing*, digunakan Raspberry Pi 3 Model B untuk menjalankan kode Python yang menjalankan program *computer vision*, dan untuk mengendalikan aktuator

sistem, akan digunakan Arduino Mega. Aktuator yang digunakan adalah *servo* MG996R untuk menggerakkan meriam, *servo* SG90 untuk mendorong peluru, dan motor DC sebagai cara peluru dilontarkan. Motor DC akan dikendalikan menggunakan L298N *driver*. Selain aktuator, digunakan sensor MPU6050 untuk membaca posisi meriam, sensor ultrasonik SR-04T untuk mendapatkan jarak target, dan IR sensor TCRT5000 untuk mendeteksi isi meriam. Untuk *image processing*, digunakan juga DSLR EOS 80D sebagai input algoritme. Komponen-komponen berikut dengan pengecualian kamera DSLR dipilih karena mudah didapatkan oleh umum, dan memiliki spesifikasi yang mencukupi untuk skenario pengujian. Raspberry Pi 3 Model B, dan Arduino Mega keduanya memiliki kekuatan *processing* yang mencukupi untuk pengujian. MG996R memiliki torsi yang cukup tinggi untuk menggerakkan meriam pada tiap sumbu, dan derajat putar servo cukup untuk tiap sumbu. L298N dapat mengatur dua motor DC, dan dapat meneruskan tegangan hingga 12V ke tiap motor. MPU6050 memiliki fitur *accelerometer*, dan *gyroscope* yang dapat digunakan untuk mendapatkan posisi meriam menghadap. SR-04T digunakan karena memiliki jarak maksimum yang sangat tinggi. Dan DSLR EOS 80D digunakan karena untuk algoritme bisa berfungsi hingga jarak yang jauh, dibutuhkan kamera yang dapat menghasilkan gambar berkualitas tinggi.

2.2.1 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Kemampuan dan Fungsionalitas

Sistem dirancang dengan spesifikasi berikut:

1. Akurasi

Untuk prototipe yang akan dirancang, prototipe diharapkan dapat menembak target dengan akurasi sebesar $>90\%$. Akurasi penembakan dinilai dari seberapa banyak peluru dapat menembak target yang dideteksi oleh ORB. Jika peluru kena area yang terdeteksi ORB, peluru dianggap “*hit*”, dan jika peluru kena area diluar yang terdeteksi ORB, peluru dianggap “*miss*”.

2. Presisi

Presisi diukur dari seberapa jauh peluru dari titik tengah target ketika melakukan kontak dengan target. Dari jarak antara titik kontak peluru

dengan titik tengah target, dicari *coefficient of variation* pada tiap jarak penembakan.

3. Dimensi Produk

Prototipe produk memiliki ukuran dengan panjang 42 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 24 cm. Meriamnya akan memiliki panjang 17 cm, dan diameter 1.5cm.

4. Konsumsi Daya

Produk diperkirakan akan mengkonsumsi besar daya sekitar 37.646 W. Perincian daya tiap komponen adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Konsumsi Daya

Nama komponen	Konsumsi daya (W)	Jumlah komponen	Total daya (W)
Arduino Mega	0.21	1	0.21
Raspberry Pi 3	12.5	1	12.5
MG996R	9	3	18
SG90	2.5	1	2.5
TRCRT5000	0.03	1	0.03
MPU6050	0.013	2	0.026
JSN-SR04T	0.04	1	0.04
Motor DC	2.17	2	4.34
Total daya			37.646

5. *Ease-of-Use*/Kemudahan Penggunaan

Prototipe membutuhkan pengguna untuk menekan tombol *start*, dan *stop* untuk menjalankan fungsi sistem. Selain itu, pengguna juga perlu memasukan peluru ke pelontar sebelum pelontaran.

6. Kekuatan/Kestabilan Sistem

Sistem akan menggunakan dua *microcontroller*, yakni Arduino Mega dan Raspberry Pi. Arduino Mega akan berfungsi untuk perhitungan algoritme gerak parabola dan pergerakan aktuator, dan Raspberry Pi untuk proses penguncian target dan *monocular vision*. Kedua *microcontroller* akan saling berkomunikasi menggunakan USB secara *serial*. Prototipe tidak boleh jatuh dari tempat yang tinggi, karena

integritas struktur prototipe dapat rusak. Komponen elektronik prototipe juga perlu dijauhkan dari cipratan air untuk menghindari kerusakan.

7. Kompatibilitas Dengan Subsistem Tambahan

Produk dapat ditambahkan subsistem seperti radar. Karena radar memiliki jangkauan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan produk, radar dapat memberikan posisi target agar meriam dapat lebih siap dalam mengantisipasi target. Selain itu, jika ada radar meriam bisa nonaktif selama radar tidak mendeteksi apapun.

2.2.2 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi

Sistem memiliki spesifikasi berdasarkan standar berikut:

1. ISO 54:1996, Cylindrical gears for general engineering and for heavy engineering – Modules.
2. ISO 678:1976, Straight bevel gears for general engineering and heavy engineering – Modules and diameter pitches.
3. ISO/IEC 18520:2019, information technology — Computer graphics, image processing and environmental data representation — Benchmarking of vision-based spatial registration and tracking methods for mixed and augmented reality (MAR).
4. ISO 13823:2008, General principles on the design of structures for durability.
5. SNI IEC 60034-1:2013, standar mesin listrik berputar - Bagian 1: Pengenal dan unjuk kerja.
6. ISO 8443:2022, Rolling bearings – Radial ball bearings with flanged outer ring – Flange dimensions.
7. ISO 10825-1:2022, Gears — Wear and damage to gear teeth — Part 1: Nomenclature and characteristics.
8. SNI 05-1364-1989, Roda gigi lurus yang umum dipakai pada konstruksi permesinan, Bentuk umum dan ukuran.
9. IEC 60034-11:2020 RLV, Rotating electrical machines - Part 11: Thermal Protection.
10. IEC 60306-1:1969, Measurement of photosensitive devices - Part 1: Basic recommendations.

2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan

Mean time before failure (MTBF) didasarkan pada *ball bearing* yang digunakan sistem. MTBF untuk *ball bearing* pada sistem yang beroperasi secara tidak reguler (tidak selalu bergerak) diperkirakan sekitar 14000 jam. Selain itu, *mean time to repair* (MTTR) memiliki target satu jam, dengan asumsi seluruh komponen yang dibutuhkan sudah ada. Perawatan dapat dilakukan dengan pengecekan apakah subsistem *image processing* masih dapat mendapatkan hasil di rentang akurasi yang diinginkan, dan memeriksa keadaan *gear* yang digunakan. Jika hasil subsistem dibawah akurasi yang biasanya, algoritme perlu dilakukan kalibrasi ulang, dan jika *gear* menunjukkan kerusakan, komponen tersebut perlu diganti.

2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan *Constraint*/Hambatan

Hambatan yang menjadi spesifikasi sistem adalah:

1. Pelontar hanya bisa menembak sekali sebelum harus diisi ulang.
2. Pengisian peluru dilakukan secara manual.
3. Jarak maksimal peluru dibatasi oleh kecepatan maksimal motor (kecepatan 11.38 m/s, dan 13m jarak terjauh dengan asumsi momentum angular motor dapat dialihkan sepenuhnya menjadi momentum linear)
4. Gerak *servo* dibatasi oleh *field of view* kamera.

Motor yang digunakan memiliki 14500 RPM, dan radius roda yang menempel ke motor DC adalah 1.5 cm. Dengan menggunakan rumus momentum angular pada persamaan (2.1), diperoleh kecepatan linear roda.

$$L = I\omega = mvr \quad (2.1)$$

$$L = \frac{1}{2}mr^2\omega = mvr$$

$$\frac{1}{2}(0.015)^2(14500 \times 0.1047198) = v(0.015)$$

$$v = 11.38 \text{ m/s}$$

Dengan kecepatan linear ditemukan, dapat dicari jarak maksimal peluru menggunakan rumus gerak parabola dengan sudut pelontaran 45° seperti pada persamaan (2.2) – (2.3).

$$y = y_0 + (v_0 \sin(45^\circ))t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.2)$$

$$0 = 0.2 + 8.04t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = 1.66s$$

$$x = (v_0 \cos(45^\circ) t) \quad (2.3)$$

$$x = 13.35m$$

2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi

2.3.1 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghitung seberapa banyak pelontar dapat menembak target dengan tepat dalam berbagai jarak yang berbeda. Jika pelontar memiliki akurasi diatas 90% dalam 20 penembakan, artinya pelontar dapat beroperasi dengan baik pada jarak tersebut.

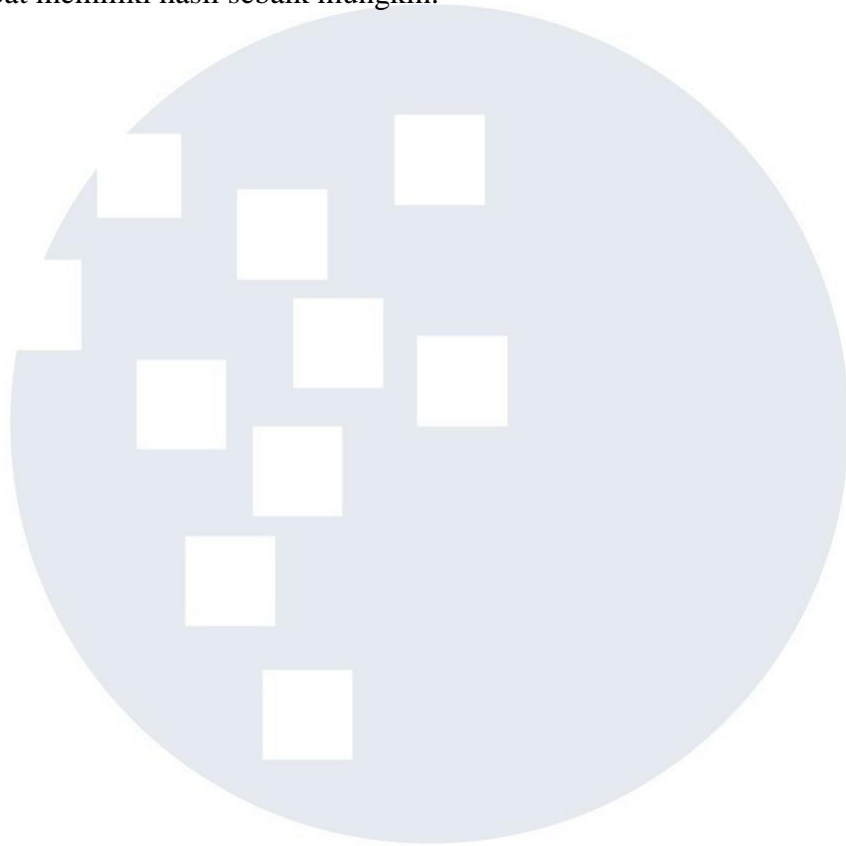
2.3.2 Analisis Toleransi

Dalam skenario yang realistis, pelontar akan beroperasi di waktu dan tempat yang bervariasi. Waktu penggunaan terutamanya dapat mengakibatkan hasil *image processing* yang tidak konsisten. Pada siang hari, sistem dapat terkena gangguan dari cahaya yang terlalu kuat, dan pada sore hari sistem dapat terkena gangguan dari cahaya yang terlalu lemah. Cahaya yang terlalu kuat dapat menyebabkan kerusakan detail pada gambar, dan cahaya yang terlalu lemah dapat menyebabkan algoritme tidak dapat mengenal detail yang ada di gambar. Jika masalah ini terjadi, algoritme dapat dicoba untuk dikalibrasi ulang untuk memperbaiki penurunan akurasi yang terjadi.

2.3.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian akan dilakukan di dalam kondisi ideal. Artinya, tidak ada gangguan angin, dalam kondisi diam, dan pada tempat dengan pencahayaan yang cukup. Untuk mencapai kondisi ideal ini, pengujian akan dilakukan di dalam lab teknik elektro UMN. Pengujian dilakukan dalam kondisi tersebut, dikarenakan produk yang masih bersifat *prototype* dan kompleksitasnya yang tinggi jika faktor luar seperti angin perlu dipertimbangkan. Pengujian

dilakukan di tempat yang terang juga untuk memastikan *image processing* dapat memiliki hasil sebaik mungkin.



UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA