

## BAB II

### KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

#### 2.1 Konsep Desain Sistem

Sistem “Pengukuran Jarak Meriam ke Target Menggunakan Metode *Monocular Vision*” merupakan meriam yang mendeteksi dan mengukur jarak target secara otomatis tanpa bantuan manusia. Meriam akan mendeteksi target, dan menghitung jarak antara meriam ke target.. Produk ditujukan untuk bidang pertahanan. Spesifiknya, produk ini ditujukan untuk tank yang digunakan oleh bidang pertahanan negara. Produk bertujuan untuk membuat meriam yang ada pada tank dapat beroperasi secara otomatis, tanpa perlunya bantuan seorang awak tank.

Secara umum, ketika produk dinyalakan sistem akan mulai melacak target dengan ORB. Ketika target terlacak, sistem akan menghitung jarak antara meriam dan target yang terlacak. Setelah jarak diperoleh, sistem akan menghitung parameter yang dibutuhkan meriam, ketika parameter diperoleh, kemudian sistem akan menggerakkan meriam sesuai dengan hasil perhitungan. Produk akan menggunakan metode ORB sebagai pendeteksi target. Untuk akuisisi jarak, akan digunakan metode *monocular vision* dan *laser rangefinder*, yang dimana hasilnya akan digunakan untuk menghitung parameter untuk pembidikan meriam.

Fungsi dari produk adalah untuk mengembangkan teknologi meriam dengan menjadikan sistem meriam yang otomatis. Sekarang ini, meriam yang masih menggunakan peluru tradisional masih harus dioperasikan secara manual. Artinya, harus ada awak tank sebagai pengendali meriam untuk membidik dan menembakan meriam tersebut. Dan karena lokasi penggunaan tank umumnya adalah wilayah peperangan, awak tank akan selalu ada dalam resiko terluka jika tank yang dikendarai tertembak.

Dengan menggunakan produk ini, kebutuhan seorang operator meriam dapat dieliminasi, sehingga awak tank tidak perlu ikut maju ke garis depan dan meresikokan nyawa mereka. Produk harus dapat berhasil pada bidang pengukuran. Pengukuran mencakup pemerolehan jarak dengan kedua metode yang ada, yaitu *monocular vision* dan *laser rangefinder*, metode pengukuran harus bisa

mendapatkan jarak dengan akurasi diatas 90%. Karena banyak faktor eksternal yang dapat mempengaruhi pengukuran jarak target, pengujian akan dilakukan dalam kondisi ideal (di ruang tertutup, dan dengan intensitas cahaya yang cukup), agar modul *monocular vision* dan *laser rangefinder* bisa bekerja sebaik mungkin.

## 2.2 Komponen Sistem

### 2.2.1 Raspberry Pi 3 Model B

Komponen ini digunakan sebagai mikrokontroler yang melakukan segala operasi *image processing*. Mikrokontroler ini dipilih karena spesifikasinya yang memadai untuk melakukan *image processing* dengan harga yang terjangkau. Mikrokontroler ini juga memiliki USB port dan HDMI port yang dibutuhkan untuk menjalankan subsistemnya, dan memonitor kerja mikrokontroler selama pengembangan prototipe. Untuk spesifikasi dari komponen ini dapat dilihat pada Tabel 2.1, dan bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Raspberry Pi 3 Model B.

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

Tabel 2.1 Spesifikasi Raspberry Pi 3 Model B

Definisi	Keterangan
CPU	ARM Cortex-A53 1.2GHz Quad-Core
RAM	1GB RAM @400MHz
On-board Storage	MicroSD
Konektivitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB 2 4x</li> <li>• Ethernet</li> <li>• HDMI</li> <li>• UART</li> <li>• I2C</li> <li>• SPI</li> <li>• LAN</li> <li>• 27 General I/O pin header</li> </ul>
Software Compability	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linux</li> <li>• Python</li> <li>• C++</li> </ul>
Power Draw / Voltage	2.5A @5V

### 2.2.2 Arduino Mega 2560

Komponen ini digunakan sebagai mikrokontroler pengendali meriam, kalkulasi pengaturan meriam. Mikrokontroler ini dipilih karena spesifikasinya yang mencukupi untuk melakukan kalkulasi dan pengendalian aktuator. Mikrokontroler juga memiliki GPIO port yang banyak, sehingga perakitan sistem dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih rapih. Untuk spesifikasi dari komponen ini tab pada Tabel 2.2, dan bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Definisi	Keterangan
CPU	ATMEGA 2560
SRAM	8Kb
Flash Memory	256Kb
Konektivitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB B</li> <li>• UART</li> <li>• I2C</li> <li>• SPI</li> <li>• 54 GPIO</li> </ul>
Operating Voltage	5V

### 2.2.3 Logitech C920

Komponen ini berperan untuk mengambil gambar yang akan digunakan dalam image processing. Kamera ini dipilih karena kamera memiliki resolusi yang tinggi dengan frame per second yang mencukupi. Kamera ini juga memiliki fitur light correction, menghasilkan gambar yang lebih terang meskipun kamera digunakan di lingkungan yang cukup redup. Untuk spesifikasi dari komponen ini dapat dilihat pada Tabel 2.3, dan bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Logitech C920

Tabel 2.3 Spesifikasi Logitech C920

Definisi	Keterangan
Konektivitas	USB
Resolution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1080p/30fps</li> <li>• 720p/30fps</li> </ul>
Field Of View	78°

#### 2.2.4 MG996R

Komponen ini digunakan sebagai servo penggerak meriam pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Servo ini dipilih karena torsi yang cukup besar. Servo ini diharapkan akan cukup kuat untuk menggerakkan meriam dengan bebannya. Untuk spesifikasi dari komponen ini dapat dilihat pada Tabel 2.4, dan bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Servo MG996R

Tabel 2.4 Spesifikasi Servo MG996R

<b>Definisi</b>	<b>Keterangan</b>
Operating Voltage	4.8 – 7.2 V
Running Current	500mA – 900mA
Stall Current	2.5A
Stall Torque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9.4 kgf.cm (4.8V)</li> <li>• 11 kgf.cm (6V)</li> </ul>
Operating Speed	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.17 s/60° (4.8V)</li> <li>• 0.14 s/60° (6V)</li> </ul>
Max Rotation	60° in each direction
Weight	55g

### 2.2.5 MPU6050

Komponen ini berperan untuk memberikan posisi meriam kepada Arduino Mega. Komponen dipilih karena ukurannya yang kecil, dan harga yang terjangkau. Untuk spesifikasi dari komponen ini dapat dilihat pada Tabel 2.5, dan bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 MPU6050

Tabel 2.5 Spesifikasi MPU6050

Definisi	Keterangan
Operating Voltage	2.375 – 3.46V
Operating Current	3.9 mA
Gyroscope Full-Scale Range	$\pm 250 - \pm 2000^\circ /s$
Accelerometer Full-Scale Range	$\pm 2 - \pm 16 g$

### 2.2.6 JRT U85-U

Komponen ini berperan untuk mendapatkan jarak antara meriam dan target. Komponen dipilih karena jarak maksimal *laser* yang memenuhi spesifikasi, dan halangan biaya. *Laser rangefinder* ini juga memiliki akurasi yang cukup tinggi. Untuk spesifikasi dari komponen ini dapat dilihat pada Tabel 2.6, dan bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 JRT U85-U

Tabel 2.6 Spesifikasi JRT U85-U

Definisi	Keterangan
Operating Voltage	3 V
Current	2mA
Range	0.02 – 50m
Accuracy	+/- 1mm

## 2.3 Spesifikasi Sistem

### 1. Akurasi

Dalam skenario asli, ketika tank menembak meriam dan pelurunya meleset, target dapat mengambil kesempatan itu untuk kabur, atau melawan balik. Bila target memilih untuk kabur, tank harus mengejar target atau bahkan membiarkan mereka kabur. Bila target memilih untuk melawan balik, mereka memiliki waktu untuk merusak tank sebelum meriam siap untuk menembak lagi. Maka itu, meriam harus akurat agar target tidak dapat melawan balik atau kabur. Dan jika target tertembak peluru tank dan masih dapat kabur, setidaknya target berada dalam kondisi yang lebih buruk dari sebelumnya. Untuk prototipe yang dirancang, karena jarak pengujian lebih pendek dan target lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan pada skenario asli, prototipe diharapkan dapat mendeteksi target dan mengukur jarak target dengan akurasi sebesar  $>90\%$ . Khususnya juga untuk pengukuran, diharapkan maksimal *error*nya adalah 2 cm.

### 2. Presisi

Presisi menentukan seberapa konsisten meriam tank dapat mendapatkan data pengukuran target. Diharapkan hasil pengukuran dapat menghasilkan presisi sebesar  $>90\%$ .

### 3. Dimensi Produk

Prototipe produk menggunakan badan sebuah mainan tank dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 22 cm, dan tinggi 20 cm. Meriamnya memiliki panjang 30 cm, dan diameter 1 cm.

### 4. Konsumsi Daya

Setiap komponen pada produk ini memiliki konsumsi daya sebagai berikut, Arduino mega mengkonsumsi sekitar 16 W, Raspberry Pi mengkonsumsi sekitar 10 W, LRF mengkonsumsi sangat kecil, yaitu sekitar 0.95 mW, dengan tambahan kamera Logitech C920 dan 3 buah servo, maka produk diperkirakan mengkonsumsi besar daya sekitar 66.5 W.

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

Produk ini memiliki tujuan untuk memudahkan, maka dari itu sistem meriam ini dibuat semudah mungkin, yaitu cukup dengan mengaktifkan

sistem, lalu mengkalibrasi kamera nya sehingga dalam posisi siap, maka sistem siap digunakan, kamera akan langsung mendeteksi target dengan ORB dan mengukur jaraknya secara otomatis dengan *monocular vision*, begitu pun dengan *laser rangefinder* yang tertanam pada meriam, laser ini akan mengukur jarak dan mengirim hasilnya ke Arduino untuk menjadi perbandingan dengan *monocular vision* yang diberikan oleh kamera.

## 6. Kekuatan / Kestabilan Sistem

Sistem menggunakan Arduino Mega dan Raspberry Pi. Arduino Mega berfungsi untuk perhitungan pergerakan actuator dan akuisisi data *laser rangefinder*, dan Raspberry Pi untuk proses pendeteksian target dan metode *monocular vision*. Arduino Mega dan Raspberry Pi saling berkomunikasi menggunakan USB. Prototipe dapat gagal bekerja jika terkena air atau jatuh dari tempat tinggi.

## 2.4 Metode Verifikasi Spesifikasi

### 2.4.1 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi

1. SNI 04-6294.1-2000, standar keselamatan produk laser. Bagian 1: Klasifikasi perlengkapan, persyaratan dan petunjuk pengguna.
2. SNI IEC 60825-1:2011, standar keselamatan Produk laser - Bagian 1: Klasifikasi dan persyaratan peralatan.
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 16331-1:2017, optics and optical instruments — Laboratory procedures for testing surveying and construction instruments — Part 1: Performance of handheld laser distance meters.
5. ISO 11252:2013, Lasers and laser-related equipment — Laser device — Minimum requirements for documentation.
6. IEC 60306-1:1969, Measurement of photosensitive devices - Part 1: Basic recommendations.

## 2.4.2 Spesifikasi Berdasarkan Keandalan dan Perawatan

Konflik yang membutuhkan penggunaan tank umumnya berarti pihak berlawanan juga memiliki pasukan yang kuat. Dari sejarah yang ada, konflik dengan karakteristik seperti ini dapat berlangsung hingga puluhan tahun. Durasi konflik mungkin bisa berpuluhan tahun, namun waktu operasi tank sendiri seharusnya tidak mendekati durasi konflik aslinya karena tank tidak akan selalu aktif selama durasi konflik. Mengetahui ini, *mean time before failure* (MTBF) memiliki target 4380 jam atau enam bulan dengan asumsi total waktu pengoperasian tank adalah 26280 jam atau tiga tahun. Selain itu, mean time to repair (MTTR) memiliki target satu hari. dengan alasan penggunaan tank selama konflik tidak pernah tentu, sehingga tank harus selalu siap setiap harinya untuk menanggapi situasi yang mendadak kapanpun waktunya. Perawatan dapat dilakukan dengan pengecekan apakah subsistem pengolah gambar dan subsistem LRF masih dapat mendapatkan hasil di rentang akurasi yang diinginkan. Jika subsistem gagal melakukannya, perlu dilakukan kalibrasi ulang pada subsistem yang mengalami kegagalan.

## 2.4.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan *Constraint* / Hambatan

Bagian ini membahas mengenai constraint yang menjadi hambatan spesifikasi sistem.

- Biaya material sistem tidak lebih dari 5 juta.
- Hanya dapat membaca 1 objek sesuai input.
- Servo hanya dapat bergerak 90° derajat.
- Intensitas cahaya mempengaruhi akurasi.

## 2.5 Verifikasi Spesifikasi Produk

### 2.5.1 Prosedur Pengujian

Modul yang diuji adalah modul pengukuran. Namun untuk mencapai modul pengukuran tersebut, terdapat beberapa pengujian dahulu dari tiap komponen, yaitu pengujian dari Raspberry Pi apakah sudah berfungsi dengan baik atau tidak, lalu Arduino tidak luput dari pengujian *blink* untuk mengetahui apakah Arduino bekerja dengan baik atau tidak. Kamera yang digunakan di test dengan

menghubungkannya ke komputer untuk dilihat dapat menampilkan gambar atau tidak, lalu *laser rangefinder* di test apakah bekerja sesuai fungsinya atau tidak. Secara keseluruhan untuk pengukuran, yang diukur berupa jarak yang diperoleh dari *monocular vision*, dan LRF. Pengujian bisa dianggap berhasil jika hasil pengukuran memiliki *error* dibawah 2 cm dari jarak sebenarnya, serta presisi diatas 90%.

### **2.5.2 Analisis Toleransi**

Dalam skenario yang realistis, tank beroperasi di waktu dan tempat yang bervariasi. Waktu penggunaan terutamanya dapat mengakibatkan *monocular vision* mengganggu gambar yang harus diproses algoritma. 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 sehingga ORB tidak bisa mendeteksi, dan cahaya yang terlalu lemah dapat menyebabkan algoritma tidak dapat mengenal detail yang ada di gambar. Jika masalah ini terjadi, *monocular vision* dapat dicoba untuk dikalibrasi ulang untuk memperbaiki pembacaan algoritma, atau dengan mengganti kamera dengan yang lebih detail.

### **2.5.3 Pelaksanaan Ujian**

Pengujian dilakukan di dalam kondisi ideal. Artinya, tidak ada gangguan cahaya, dalam kondisi ruangan tertutup dan pada tempat dengan pencahayaan yang cukup. Untuk mencapai kondisi ideal ini, pengujian dilakukan didalam lab. Pengujian dilakukan dalam kondisi ini, dikarenakan produk yang masih bersifat prototipe dan kompleksitasnya yang tinggi jika faktor luar seperti cahaya matahari yang tidak tentu perlu dipertimbangkan. Pengujian dilakukan di tempat yang terang juga agar memastikan *monocular vision* dan *laser rangefinder* dapat bekerja sebaik mungkin.

## **2.6 Pengujian Komponen**

Sebelum masuk ke tahap implementasi, komponen yang telah dijabarkan sebelumnya di uji terlebih dahulu satu persatu untuk melihat apakah komponen tersebut sudah berfungsi sesuai spesifikasi apa tidak.

### 2.6.1 Pengujian Arduino Mega 2560

Pengujian Arduino Mega 2560 dilakukan dengan meng-*upload* program *blink* ke Arduino Mega 2560. Program ini berfungsi untuk membuat Arduino Mega mengkedipkan lampu yang ada di *board*-nya. Dari pengujian pada Gambar 2.7, Arduino Mega berhasil mengkedipkan lampunya setelah kode di-*upload*.



Gambar 2.7 Pengujian Arduino Mega 2560

### 2.6.2 Pengujian Servo MG996R

Pengujian servo dilakukan dengan servo yang ada pada prototipe tank. Servo yang berperan untuk menggerakkan meriam pada sumber-*y* dilepas dari Arduino Mega, dan disambungkan ke sebuah Arduino Uno. Sebuah program untuk menggerakkan servo dengan sudut  $45^{\circ}$  lalu  $90^{\circ}$  di-*upload* ke *board*, lalu prototipe meriam diamati. Dari hasil pengujian pada Gambar 2.8, sumbu-*y* meriam berhasil bergerak dari satu sudut, ke sudut berikutnya.



Gambar 2.8 Pengujian Servo MG996R

### 2.6.3 Pengujian MPU6050

Pengujian MPU6050 dilakukan dengan menghubungkan MPU6050 ke Arduino dengan protokol I2C. Sebuah program kemudian di-*upload* ke Arduino dengan tujuan membaca nilai *accelerometer* dan *gyroscope* dari modul. Hasil pembacaan modul kemudian ditampilkan ke *serial monitor* Arduino IDE untuk melihat perubahan data ketika modul digerakan. Dari hasil pengujian pada Gambar 2.9, *serial monitor* menunjukkan perubahan data pada *accelerometer* dan *gyroscope* ketika modul digerakan selama masih aktif, hal ini terlihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.9 Pengujian MPU6050

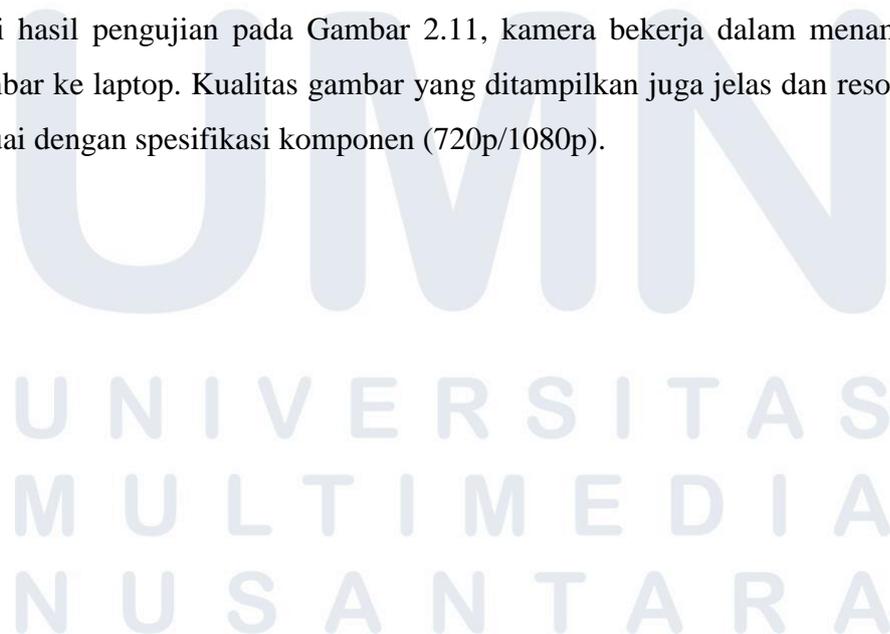
UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

```
GyroK = 14.170gyroF = -0.010gyroZ = -0.25
=====
Xacc = 0.03 Yacc = -0.11 Zacc = 0.09
RollAcc = -50.66 PitchAcc = -12.84
GyroK = 14.200gyroF = 0.020gyroZ = -0.22
=====
Xacc = 0.03 Yacc = -0.11 Zacc = 0.09
RollAcc = -49.53 PitchAcc = -12.09
GyroK = 14.310gyroF = 0.810gyroZ = -0.33
=====
Xacc = -0.06 Yacc = -0.09 Zacc = 0.12
RollAcc = -33.00 PitchAcc = 22.91
GyroK = 14.250gyroF = 0.760gyroZ = -0.39
=====
Xacc = -0.10 Yacc = -0.11 Zacc = 0.12
RollAcc = -35.28 PitchAcc = 30.57
GyroK = 14.270gyroF = 0.070gyroZ = -0.23
=====
Xacc = -0.10 Yacc = -0.11 Zacc = 0.12
RollAcc = -35.25 PitchAcc = 30.28
GyroK = 14.270gyroF = 0.110gyroZ = -0.20
=====
Xacc = -0.10 Yacc = -0.11 Zacc = 0.12
RollAcc = -35.39 PitchAcc = 30.27
GyroK = 14.360gyroF = 0.090gyroZ = -0.47
```

Gambar 2.10 Hasil Serial Monitor MPU6050

#### 2.6.4 Pengujian Logitech C920

Pengujian kamera dilakukan dengan menghubungkan kamera ke laptop. Tujuannya adalah untuk menampilkan gambar ke laptop, dan menilai kualitasnya. Dari hasil pengujian pada Gambar 2.11, kamera bekerja dalam menampilkan gambar ke laptop. Kualitas gambar yang ditampilkan juga jelas dan resolusinya sesuai dengan spesifikasi komponen (720p/1080p).



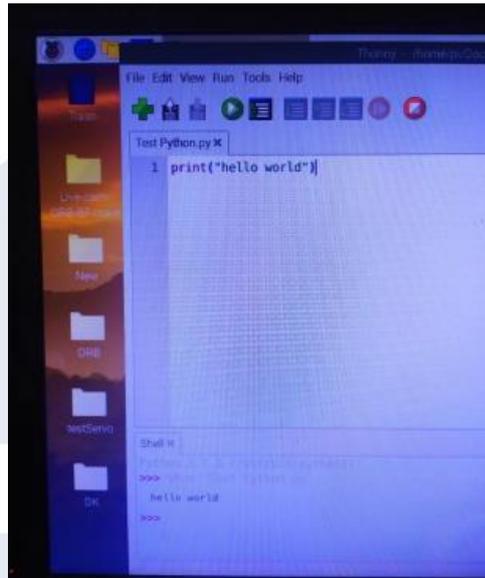


Gambar 2.11 Pengujian Logitech C920

### 2.6.5 Pengujian Raspberry Pi 3 Model B

Pengujian Raspberry Pi 3 Model B dilakukan dengan mencoba *boot up* mikrokontroler, dan menjalankan program Python sederhana. Raspberry Pi 3 Model B juga disambungkan dengan monitor untuk melihat layar, dan *mouse* untuk navigasi OS. Untuk program Python, digunakan Thonny IDE untuk menulis *source code*, dan program yang dibuat akan menampilkan kalimat “hello world” pada *output* di IDE. Dari hasil pengujian, Raspberry Pi 3 Model B berhasil menyala dengan OS berjalan. Program yang dibuat dengan Thonny IDE juga berhasil dijalankan, dan menampilkan hasil yang diharapkan pada Gambar 2.12.

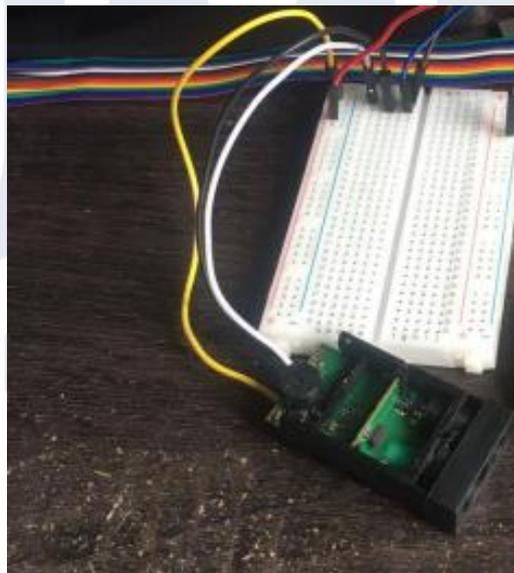
U M N  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Gambar 2.12 Program Python “hello world”

### 2.6.6 Pengujian JRT U85-U

Pada Gambar 2.13, pengujian JRT U85-U dilakukan dengan menyambungkan LRF ke laptop terlebih dahulu menggunakan USB yang terdapat *Bluetooth Receiver*, kemudian LRF diposisikan agar menghadap sebuah objek. Sebuah program kemudian dijalankan dimana JRT U85-U mengeluarkan *laser*, lalu ditangkap kembali oleh *receiver*.



Gambar 2.13 Pengujian JRT U85-U