

**PURWARUPA PEMANTAU KETINGGIAN AIR BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN JARINGAN
MESH**



OLEH :

M. YUSRIL IRHAMAHENDRA

09011381621104

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN
PURWARUPA PEMANTAU KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF
THINGS (IOT) MENGGUNAKAN JARINGAN MESH

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

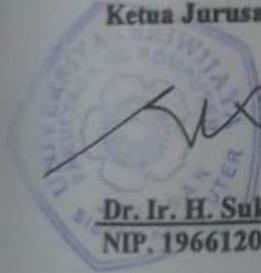
Oleh :

M. YUSRIL IRHAMAHENDRA

09011381621104

Palembang, 2022

Mengetahui, 4/1/22
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir

Huda Ubaya, M.T.
NIP. 198106162012121003

LEMBAR PENGESAHAN
PROTOTYPE MONITORING WATER LEVEL BASED INTERNET OF THINGS
(IOT) USING MESH NETWORK

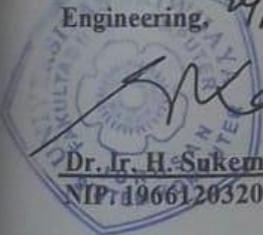
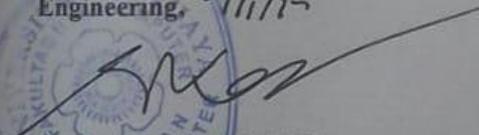
SKRIPSI

Submitted to Complete of the Term Obtaining a
Bachelor Of Computer Engineering

By:

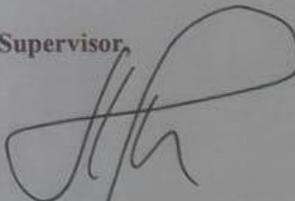
M. YUSRIL IRHAMAHENDRA
09011381621104

Head Of Departement Computer
Engineering, 24/1/20



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Supervisor,



Huda Ubaya, M.T.
NIP. 198106162012121003

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Senin

Tanggal : 13 Desember 2020

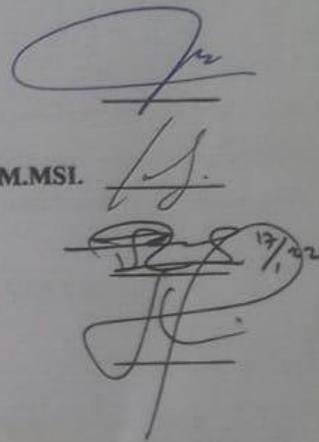
Tim Penguji :

1. Ketua Sidang : Kemahyanto Exaudi, M.T.

2. Sekretaris Sidang : Iman Saladin B. Azhar, S.Kom.,M.MSI.

3. Penguji : Rendyansyah, M.T.

4. Pembela : Huda Ubaya, M.T.



Mengetahui, 25/1/22

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Yusril Irhamahendra
NIM : 09011381621104
Program Studi : Sistem komputer Unggulan
Judul : Purwarupa Pemantau Ketinggian Air Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Jaringan Mesh
Hasil Pengecekan *Software iThenticate / Trunitin* : 5 %

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat dari penelitian orang lain. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan



Palembang, Januari 2022



M. Yusril Irhamahendra

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabbi‘alamin penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini serta bimbingan dari berbagai pihak dengan judul **“Purwarupa Pemantau Ketinggian Air Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Jaringan Mesh”**.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak hingga terselesainya laporan ini mulai dari pengumpulan data sampai proses penyusunan laporan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Iman Saladin B. Azhar, S.Kom.,M.MSI selaku dosen Pembimbing Akademik saya.
2. Bapak Huda Ubaya, M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir saya.
3. Dan seluruh dosen jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
4. Mbak Sari, selaku admin jurusan Sistem Komputer yang juga selalu menampung keluh kesah saya.
5. Ayah Drs. Alwi Nangulis dan Ibu Rozanah tercinta yang telah membesarkan sampai pada tahap ini, mengajarkan akan pentingnya

tanggung jawab dan kejujuran dalam hidup. Terima kasih atas doa dan dukungannya baik moral maupun spiritual selama ini.

6. Kak Akram yang sudah banyak mengajari saya dari awal sampai akhir.
7. Seluruh penghuni lab eldas, lab jarkom maupun lab robotika.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang selalumemberikan semangat dan bantuan-bantuan yang bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa masih ada banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini, baik materi maupun penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Untuk itu segala kritik dan saran, sangatlah penting bagi penulis agar penulis dapat segera memperbaikinya sehingga Tugas Akhir ini dapatdijadikan sebagai sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan pembaca sekalian, khususnya Mahasiswa/i Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Aamiin.

Palembang, Januari 2022

Penulis,

M. Yusril Irhamahendra

Nim. 09011381621104

Purwarupa Pemantau Ketinggian Air Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Jaringan Mesh

M. Yusril Irhamahendra (09011381621104)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu

Komputer, Universitas Sriwijaya Email:

myusrilmyi@gmail.com

Abstrak

Perkembangan penggunaan *Internet of Things* (IoT) sudah tidak asing lagi diterapkan pada alat-alat yang berhubungan dengan kebutuhan sehari-hari. Dengan menerapkan IoT, kita dapat terbantu dan diperpermudah dalam melakukan hal-hal yang kita bisa lakukan secara terus-menerus. Salah satu masalah yang kita hadapi dalam kehidupan sehari-hari adalah masalah banjir. Maka dari itu *Internet of Things* (IoT) digunakan pada tempat yang terdampak banjir agar dapat memberikan informasi bahwa air telah mencapai volume maksimum dengan berupa notifikasi yang dikirimkan melalui Email, Smartphone dan juga indikator lampu LED yang berfungsi menunjukkan tinggi dari air tersebut sehingga pemilik dapat mengetahui bahwa sudah saatnya mengungsi sebelum banjir melanda ke pemukiman. Untuk mendeteksi ketinggian dari air, maka digunakankalah ESP32 sebagai mikrokontroler dan Water Level Sensor untuk mengukur ketinggian dari air. Selain itu, digunakan juga jaringan mesh berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS). Parameter yang diperhitungkan yaitu berupa nilai Delay, Packet Loss dan Throughput dari setiap pengisian yang mencapai volume maksimum.

Kata Kunci : *Internet of Things (IoT), Mesh Network, Water Level Sensor, Quality of Service (QoS), ESP32*

Prototype Monitoring Water Level Based Internet Of Things (Iot) Using Mesh Network

M. Yusril Irhamahendra (09011381621104)

Departement of Computer Engineering, Faculty of
Computer Science, Sriwijaya University

Email: myusrilmyi@gmail.com

Abstract

Internet of Things (IoT) is no stranger to being applied on devices we used in everyday life. By implementing IoT, we can be helped and simplified in doing the things we can do continuously. One of the problems we met in everyday life is the problem of flooding. Therefore, the Internet of Things (IoT) is used in places affected by floods in order to provide information that the water has reached its maximum volume in the form of notifications sent via Email, Smartphone and also an LED light indicator that functions to show the height of the water so that the owner can find out that it was time to evacuate before the flood hit the settlements. To detect the water level, ESP32 is used as a microcontroller and a Water Level Sensor is used to measure the water level. In addition, a mesh network is used based on the Quality of Service (QoS) parameters. The parameters that are taken into account are the value of Delay, Packet Loss and Throughput for each filling that reaches the maximum volume.

Keywords : *Internet of Things (IoT), Mesh Network, Water Level Sensor, Quality of Service (QoS), ESP32*

**Purwarupa Pemantau Ketinggian Air Berbasis Internet of Things (IoT)
Menggunakan Jaringan Mesh**

M. Yusril Irhamahendra (09011381621104)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu

Komputer, Universitas Sriwijaya

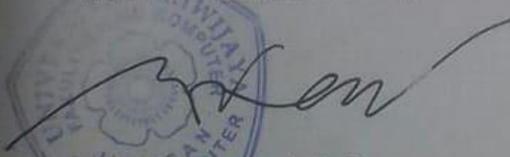
Email: myusrilmyi@gmail.com

Abstrak

Perkembangan penggunaan *Internet of Things* (IoT) sudah tidak asing lagi diterapkan pada alat-alat yang berhubungan dengan kebutuhan sehari-hari. Dengan menerapkan IoT, kita dapat terbantu dan diperpermudah dalam melakukan hal-hal yang kita bisa lakukan secara terus-menerus. Salah satu masalah yang kita hadapi dalam kehidupan sehari-hari adalah masalah banjir. Maka dari itu *Internet of Things* (IoT) digunakan pada tempat yang terdampak banjir agar dapat memberikan informasi bahwa air telah mencapai volume maksimum dengan berupa notifikasi yang dikirimkan melalui Email, Smartphone dan juga indikator lampu LED yang berfungsi menunjukkan tinggi dari air tersebut sehingga pemilik dapat mengetahui bahwa sudah saatnya mengungsi sebelum banjir melanda ke pemukiman. Untuk mendeteksi ketinggian dari air, maka digunakannya ESP32 sebagai mikrokontroler dan Water Level Sensor untuk mengukur ketinggian dari air. Selain itu, digunakan juga jaringan mesh berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS). Parameter yang diperhitungkan yaitu berupa nilai Delay, Packet Loss dan Throughput dari setiap pengisian yang mencapai volume maksimum.

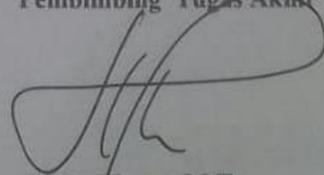
Kata Kunci: *Internet of Things (IoT), Mesh Network, Water Level Sensor, Quality of Service (QoS), ESP32*

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. M. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir



Huda Ubaya, M.T.
NIP. 198106162012121003

**Prototype Monitoring Water Level Based Internet Of Things (Iot) Using Mesh
Network**

M. Yusril Irhamahendra (09011381621104)

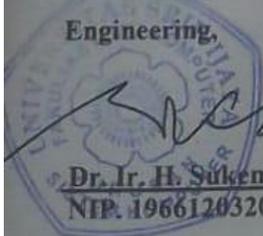
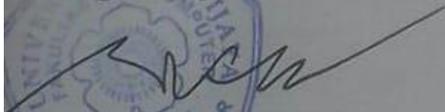
Departement of Computer Engineering, Faculty of
Computer Science, Sriwijaya University
Email: myusrilmyi@gmail.com

Abstract

Internet of Things (IoT) is no stranger to being applied on devices we used in everyday life. By implementing IoT, we can be helped and simplified in doing the things we can do continuously. One of the problems we met in everyday life is the problem of flooding. Therefore, the Internet of Things (IoT) is used in places affected by floods in order to provide information that the water has reached its maximum volume in the form of notifications sent via Email, Smartphone and also an LED light indicator that functions to show the height of the water so that the owner can find out that it was time to evacuate before the flood hit the settlements. To detect the water level, ESP32 is used as a microcontroller and a Water Level Sensor is used to measure the water level. In addition, a mesh network is used based on the Quality of Service (QoS) parameters. The parameters that are taken into account are the value of Delay, Packet Loss and Throughput for each filling that reaches the maximum volume.

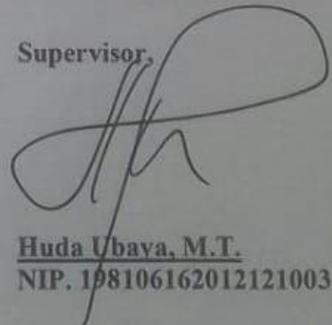
Keywords : *Internet of Things (IoT), Mesh Network, Water Level Sensor, Quality of Service (QoS), ESP32*

**Head Of Departement Computer
Engineering,**



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Supervisor,



Huda Ubaya, M.T.
NIP. 198106162012121003

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
Abstrak.....	ix
Abstrak.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN.....	2
1.3 MANFAAT	3
1.4 RUMUSAN MASALAH	3
1.5 BATASAN MASALAH.....	3
1.6 METODOLOGI PENELITIAN	4
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. <i>MONITORING</i>	10
2.3. <i>INTERNET OF THINGS (IoT)</i>	11
2.4. JARINGAN MESH	12
2.5. MIKROKONTROLLER ESP32	12
2.6. ESP32 MESH	13
2.7. ARDUINO IDE	13

2.7.1.	MENULIS SKETSA	14
2.7.2.	UPLOADING	15
2.7.3.	LIBRARY	15
2.7.4.	SERIAL MONITOR	15
2.7.5.	PREFERENCES	16
2.7.6.	BOARDS	16
2.8.	<i>PUTTY</i>	16
2.8.1.	FITUR-FITUR DARI PUTTY	17
2.9.	<i>WATER LEVEL SENSOR</i>	18
2.10.	WIRESHARK	19
2.10.1.	FITUR – FITUR WIRESHARK	20
2.11.	PARAMETER UJI QUALITY OF SERVICE PADA INTERNET OF THINGS (IOT)	20
2.11.	LOS	21
2.12.	NLOS	22
BAB III	.....	23
METODOLOGI PENELITIAN	.....	23
3.1.	PENDAHULUAN	23
3.2.	KERANGKA KERJA	23
3.3.	TOPOLOGI	24
3.4.	SPESIFIKASI ALAT	24
3.4.1.	PERANGKAT KERAS (HARDWARE)	24
3.4.2.	PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE)	26
3.5.	PENERAPAN ESP MESH	28
3.6.	PENGAMBILAN DATA	29
3.7.	SKENARIO	29
3.7.1.	SKENARIO I (PENGUKURAN LEVEL AIR)	29
3.7.1.1.	PENGUJIAN 1 (PENGUJIAN PADA BIDANG DATAR)	29
3.7.1.2.	PENGUJIAN 2 (PENGUJIAN PADA BIDANG MIRING 600)	30
3.7.2.	SKENARIO II (PENGUKURAN / ANALISA JARINGAN MESH)	30
3.7.2.1.	PENGUKURAN / ANALISA LOS (<i>LINE OF SIGHT</i>)	31
3.7.2.2.	PENGUKURAN / ANALISA NLOS (<i>NON-LINE OF SIGHT</i>)	34
3.8.	FLOWCHART PROTOTIPE <i>MONITORING</i> ESP MESH	37
3.9.	PENGUJIAN TERHADAP PARAMETER UJI	37

BAB IV.....	38
HASIL DAN ANALISIS.....	38
4.1. PENDAHULUAN.....	38
4.2. HASIL PERCOBAAN ESP MESH.....	38
4.2.1. HASIL PERCOBAAN ESP MESH MENGGUNAKAN 1 WATER LEVEL SENSOR DENGAN BIDANG DATAR.....	38
4.2.1.1. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM.....	39
4.2.1.2. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM.....	40
4.2.1.3. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM.....	43
4.2.1.4. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM.....	44
4.2.1.5. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM.....	47
4.2.1.6. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM.....	48
4.2.1.7. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM.....	51
4.2.1.8. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM.....	52
4.2.2. HASIL PERCOBAAN ESP MESH MENGGUNAKAN 1 WATER LEVEL SENSOR DENGAN BIDANG MIRING 600.....	55
4.2.2.1. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM.....	55
4.2.1.2. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM.....	56
4.2.1.3. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM.....	59
4.2.1.4. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM.....	60
4.2.1.5. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM.....	63
4.2.1.6. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM.....	64
4.2.1.7. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM.....	67
4.2.1.8. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM.....	68
4.3. ANALISA <i>QUALITY OF SERVICE</i> DENGAN PARAMETER UJI (<i>DELAY</i> , <i>PACKET LOSS</i> DAN <i>THROUGHPUT</i>).....	71
4.3.1. PENGUJIAN <i>QUALITY OF SERVICE</i> SAAT KONDISI <i>LINE OF SIGHT</i> (<i>LOS</i>).....	71
4.3.1.1. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM.....	71
4.3.1.1.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM.....	72
4.3.1.2. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM.....	75
4.3.1.2.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM.....	75
4.3.1.3. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM.....	78
4.3.1.3.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM.....	78

4.3.2	PENGUJIAN QUALITY OF SERVICE SAAT KONDISI <i>NON-LINE OF SIGHT (NLOS)</i>	81
4.3.2.1.	PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM	81
4.3.2.1.1.	GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM.....	81
4.3.3.2.	PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM	84
4.3.3.2.1.	GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM.....	85
4.3.3.3.	PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM	87
4.3.3.3.1.	GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM.....	88
4.4.	PERHITUNGAN QUALITY OF SERVICE SAAT <i>LOS</i> DAN <i>NLOS</i>	91
4.4.1.	HASIL PENGUJIAN PARAMETER QOS DENGAN WIRESHARK PADA SAAT KONDISI <i>LOS</i>	91
4.4.2.	HASIL PENGUJIAN PARAMETER QOS DENGAN WIRESHARK PADA SAAT KONDISI <i>NLOS</i>	92
4.5.	ANALISA PERBANDINGAN QOS KONDISI <i>LOS</i> DAN <i>NLOS</i>	93
4.5.1.	ANALISA PERBANDINGAN QOS KONDISI <i>LOS</i> DAN <i>NLOS</i> PERCOBAAN 1	93
4.5.2.	ANALISA PERBANDINGAN QOS KONDISI <i>LOS</i> DAN <i>NLOS</i> PERCOBAAN 2	96
4.5.3.	ANALISA PERBANDINGAN QOS KONDISI <i>LOS</i> DAN <i>NLOS</i> PERCOBAAN 3	98
BAB V	.....	101
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	101
5.1	KESIMPULAN	101
5.2	SARAN.....	101
DAFTAR PUSTAKA	.....	102

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Referensi	6
Tabel 4.1. Percobaan 1	39
Tabel 4.2. Percobaan 2	39
Tabel 4.3. Percobaan 3	39
Tabel 4.4. Percobaan 4	40
Tabel 4.5. Percobaan 5	40
Tabel 4.6. Percobaan 1	43
Tabel 4.7. Percobaan 2	43
Tabel 4.8. Percobaan 3	43
Tabel 4.9. Percobaan 4	44
Tabel 4.10. Percobaan 5	44
Tabel 4.11. Percobaan 1	47
Tabel 4.12. Percobaan 2	47
Tabel 4.13. Percobaan 3	47
Tabel 4.14. Percobaan 4	48
Tabel 4.15. Percobaan 5	48
Tabel 4.16. Percobaan 1	51
Tabel 4.17. Percobaan 2	51
Tabel 4.18. Percobaan 3	51
Tabel 4.19. Percobaan 4	52
Tabel 4.20. Percobaan 5	52
Tabel 4.21. Percobaan 1	55
Tabel 4.22. Percobaan 2	55
Tabel 4.23. Percobaan 3	55
Tabel 4.24. Percobaan 4	56
Tabel 4.25. Percobaan 5	56
Tabel 4.26. Percobaan 1	59
Tabel 4.27. Percobaan 2	59
Tabel 4.28. Percobaan 3	59

Tabel 4.29. Percobaan 4	60
Tabel 4.30. Percobaan 5	60
Tabel 4.31. Percobaan 1	63
Tabel 4.32. Percobaan 2	63
Tabel 4.33. Percobaan 3	63
Tabel 4.34. Percobaan 4	64
Tabel 4.35. Percobaan 5	64
Tabel 4.36. Percobaan 1	67
Tabel 4.37. Percobaan 2	67
Tabel 4.38. Percobaan 3	67
Tabel 4.39. Percobaan 4	68
Tabel 4.40. Percobaan 5	68
Tabel 4.41. Hasil pengujian pada pengukuran 30 cm.....	72
Tabel 4.42. Hasil pengujian pada pengukuran 45 cm.....	75
Tabel 4.43. Hasil pengujian pada pengukuran 60 cm.....	78
Tabel 4.44. Hasil pengujian pada pengukuran 30 cm.....	81
Tabel 4.45. Hasil pengujian pada pengukuran 45 cm.....	84
Tabel 4.46. Hasil pengujian pada pengukuran 60 cm.....	87
Tabel 4.47. Hasil Percobaan 1 pada saat kondisi LoS.....	94
Tabel 4.48. Hasil percobaan 1 pada saat kondisi NLoS	94
Tabel 4.49. Hasil Percobaan 2 pada saat kondisi LoS.....	96
Tabel 4.50. Hasil Percobaan 2 pada saat kondisi NLoS.....	97
Tabel 4.51. Hasil Percobaan 3 pada saat kondisi LoS.....	98
Tabel 4.52. Hasil Percobaan 3 pada saat kondisi NLoS.....	99

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Arsitektur Internet Of Things	11
Gambar 2.2. Mikrokontroler ESP32.....	12
Gambar 2.3. Arduino IDE	14
Gambar 2.4. PuTTY	17
Gambar 2.5. Water Level Sensor.....	19
Gambar 2.6. Wireshark.....	20
Gambar 2.7. Line of Sight (LoS).....	22
Gambar 2.8. Non Line of Sight (NLoS)	22
Gambar 3.1. Diagram Kerangka Kerja.....	23
Gambar 3 2. Topologi Mesh.....	24
Gambar 3.3. Pengujian pada bidang datar.....	29
Gambar 3.4. Pengujian pada bidang miring 60 ⁰	30
Gambar 3.5. Pengujian 1 LoS jarak 30 cm.....	31
Gambar 3.6. Pengujian 2 LoS jarak 45 cm.....	32
Gambar 3.7. Pengujian 3 LoS jarak 60 cm.....	33
Gambar 3.8. Pengujian 1 NLoS jarak 30 cm.....	34
Gambar 3.9. Pengujian 2 NLoS jarak 45 cm.....	35
Gambar 3.10. Pengujian 3 NLoS jarak 60 cm.....	36
Gambar 3.11. Flowchart.....	37
Gambar 4.1. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 1 cm	40
Gambar 4.2. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 1 cm	41
Gambar 4.3. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 1 cm	41
Gambar 4.4. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 1 cm	42
Gambar 4.5. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 1 cm	42
Gambar 4.6. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 2 cm	44
Gambar 4.7. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 2 cm	45
Gambar 4.8. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 2 cm	45
Gambar 4.9. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 2 cm	46
Gambar 4.10. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 2 cm	46

Gambar 4.11. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 3 cm	48
Gambar 4.12. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 3 cm	49
Gambar 4.13. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 3 cm	49
Gambar 4.14. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 3 cm	50
Gambar 4.15. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 3 cm	50
Gambar 4.16. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 4 cm	52
Gambar 4.17. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 4 cm	53
Gambar 4.18. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 4 cm	53
Gambar 4.19. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 4 cm	54
Gambar 4.20. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 4 cm	54
Gambar 4.21. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 1 cm	56
Gambar 4.22. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 1 cm	57
Gambar 4.23. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 1 cm	57
Gambar 4.24. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 1 cm	58
Gambar 4.25. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 1 cm	58
Gambar 4.26. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 2 cm	60
Gambar 4.27. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 2 cm	61
Gambar 4.28. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 2 cm	61
Gambar 4.29. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 2 cm	62
Gambar 4.30. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 2 cm	62
Gambar 4.31. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 3 cm	64
Gambar 4.32. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 3 cm	65
Gambar 4.33. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 3 cm	65
Gambar 4.34. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 3 cm	66
Gambar 4.35. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 3 cm	66
Gambar 4.36. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 4 cm	68
Gambar 4.37. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 4 cm	69
Gambar 4.38. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 4 cm	69
Gambar 4.39. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 4 cm	70
Gambar 4.40. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 4 cm	70
Gambar 4.41. Percobaan 1 LoS	72

Gambar 4.42. Percobaan 2 LoS	73
Gambar 4.43. Percobaan 3 LoS	73
Gambar 4.44. Percobaan 4 LoS	74
Gambar 4.45. Percobaan 5 LoS	74
Gambar 4.46. Percobaan 1 LoS	75
Gambar 4.47. Percobaan 2 LoS	76
Gambar 4.48. Percobaan 3 LoS	76
Gambar 4.49. Percobaan 4 LoS	77
Gambar 4.50. Percobaan 5 LoS	77
Gambar 4.51. Percobaan 1 LoS	78
Gambar 4.52. Percobaan 2 LoS	79
Gambar 4.53. Percobaan 3 LoS	79
Gambar 4.54. Percobaan 4 LoS	80
Gambar 4.55. Percobaan 5 LoS	80
Gambar 4.56. Percobaan 1 NLoS	82
Gambar 4.57. Percobaan 2 NLoS	82
Gambar 4.58. Percobaan 3 NLoS	83
Gambar 4.59. Percobaan 4 NLoS	83
Gambar 4.60. Percobaan 5 NLoS	84
Gambar 4.61. Percobaan 1 NLoS	85
Gambar 4.62. Percobaan 2 NLoS	85
Gambar 4.63. Percobaan 3 NLoS	86
Gambar 4.64. Percobaan 4 NLoS	86
Gambar 4.65. Percobaan 5 NLoS	87
Gambar 4.66. Percobaan 1 NLoS	88
Gambar 4.67. Percobaan 2 NLoS	88
Gambar 4.68. Percobaan 3 NLoS	89
Gambar 4.69. Percobaan 4 NLoS	90
Gambar 4.70. Percobaan 5 NLoS	90
Gambar 4.71. Capture data Quality of Service (QoS) dengan Wireshark pada saat kondisi LoS.....	91

Gambar 4.72. Capture data untuk Quality of Service (QoS) dengan Wireshark pada saat kondisi NLoS.....	92
Gambar 4.73. Perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS Percobaan 1	95
Gambar 4.74. Perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS Percobaan 2	97
Gambar 4.75. Perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS Percobaan 3	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Banjir adalah salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di seluruh dunia. Banjir sering terjadi dari waktu ke waktu sehingga menyebabkan kerusakan pada rumah, jalan, infrastruktur dan lingkungan. Banjir juga menyebabkan banyak hilangnya manusia, hewan dan harta benda. Banjir disebabkan adanya curah hujan yang tinggi. Indonesia merupakan negara yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi dikarenakan Indonesia adalah negara tropis dimana fenomena cuaca yang terjadi sangat dinamis atau berubah dengan cepat. Indonesia memiliki paparan sinar matahari (tropis) yang sangat banyak yang berperan sebagai pembangkit energi utama ditambah dengan cuaca dan kondisi geografis negara Indonesia adalah negara kepulauan. Musim hujan di Indonesia sendiri berlangsung selama 6-7 bulan. Meski banjir sudah terjadi sejak berabad-abad yang lalu, namun banjir dikenal sebagai bencana alam yang mengancam kehidupan manusia di bumi. Dampak dari banjir itu sendiri dapat meliputi tentang masalah kesehatan, kerugian ekonomi, sulitnya air bersih, aktivitas sehari-hari terhambat. Jika ada cara untuk membuat sistem peringatan dini banjir dan bisa dimanfaatkan secara efektif, maka dapat mengurangi dampak serta kerugian yang disebabkan oleh banjir.

Teknologi sebagai hasil peradaban manusia yang semakin maju, dirasakan sangat membantu dan mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya di zaman modern sekarang ini. Saat ini, telah banyak dibuat berbagai peralatan yang mendukung kinerja manusia, mulai dari alat-alat kontrol sederhana hingga robotika dengan berbasis teknologi yang rumit.

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program/memantau perubahan, yang fokus pada proses dan keluaran. Salah satu contoh monitoring adalah pengumpulan informasi secara terus menerus dan teratur yang akan membantu menjawab pertanyaan mengenai proyek atau kegiatan. Monitoring bertujuan meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari sebuah proyek atau organisasi, dan didasarkan pada sasaran dan rencana kegiatan yang sudah ditentukan.

Konsep Internet of Things (IoT) adalah konsep dimana objek memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui internet tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Penerapan teknologi IoT membantu mengembangkan sistem untuk mengukur dan mengirimkan informasi dan notifikasi kepada pengguna sistem. Internet of Things biasanya didukung oleh perangkat atau pengontrol yang digunakan untuk membawa sensor dan aktuator seperti Intel Edison, Intel Galileo, Raspberry Pi, prosesor berbasis Arduino dan lainnya.

Untuk pemberitahuan dini terjadinya bencana banjir, maka diperlukan pengamatan monitoring level air secara intensif dan efektif, agar hal-hal yang menjadi kekhawatiran masyarakat dapat di tepis karena adanya informasi secara akurat dari monitoring tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dibuat suatu sistem yang dapat melakukan monitoring ketinggian air. Sistem tersebut adalah **Purwarupa Pemantau Ketinggian Air Berbasis IoT** yang berfungsi menggantikan peran manusia dalam mengawasi aktivitas ketinggian air.

1.2 TUJUAN

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui cara kerja ESP32 saling berkomunikasi di jaringan Mesh.
2. Untuk mengetahui cara kerja Water Level Sensor dalam mengukur level air.
3. Untuk mengetahui perbandingan level air pada saat kemiringan wadah air berada pada bidang datar dan bidang miring.
4. Untuk mengetahui kualitas jaringan mesh berdasarkan parameter yang ditentukan.

1.3 MANFAAT

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir yang dilakukan, antara lain :

1. Dapat digunakan dalam penelitian lainnya yang menggunakan jaringan Mesh
2. Agar dapat dikembangkan untuk fungsi lain selain mengukur level air.
3. Agar dapat diketahui keakuratan Water Level Sensor dalam mengukur level air di bidang miring.
4. Agar kualitas jaringan mesh pada ESP32 dapat di *maintenance* supaya terus dalam kualitas yang baik.

1.4 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, adapun beberapa rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini:

1. Bagaimana cara kerja ESP32 dalam mengirimkan data di jaringan Mesh?
2. Bagaimana cara kerja Water Level Sensor mengukur nilai resistensi didalam air?
3. Adakah perbedaan level air di bidang datar dan di bidang miring?
4. Bagaimana kualitas jaringan mesh yang diimplementasikan pada ESP32?

1.5 BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Data yang didapatkan berupa ketinggian level air (cm)
2. Modul yang digunakan adalah modul WiFi ESP32 berjumlah 4 Modul.
3. Water Level Sensor yang digunakan berjumlah 3.
4. Voltase yang digunakan pada ESP32 adalah 3.3 Volt.
5. Jaringan Mesh yang digunakan hanya di jaringan lokal.
6. Parameter yang digunakan adalah *delay*, persentase *packet loss*, dan *throughput*.

1.6 METODOLOGI PENELITIAN

Agar tujuan penelitian ini tercapai berikut beberapa tahapan yang akan dilewati yaitu :

1. Studi Pustaka / *Literature*

Pada Tahap pertama ini diawali dengan mencari masalah yang sesuai dan relevan untuk diangkat sebagai penelitian. Setelah itu, mencari beberapa sumber seperti artikel, jurnal, buku, dan yang lainnya yang berhubungan langsung dengan tugas akhir.

2. Perancangan Sistem

Pada tahapan ini merupakan tahapan mengenai bagaimana membangun dan menerapkan metode pada sistem tugas akhir. Selain itu, apa yang digunakan pada penelitian seperti *hardware* dan *software*, kemudian bagaimana proses konfigurasi ataupun menulis kode untuk penerapan metode pada tugas akhir.

3. Pengujian

Pada tahap ketiga ini merupakan tahap lanjutan dari perancangan sistem dimana pada tahap ini dilakukan pengujian berdasarkan metodologi penelitian dan penelitian sebelumnya sehingga didapatkan hasil uji yang sesuai dan tepat secara konsep ataupun praktis.

4. Analisa

Tahap ini adalah menganalisa data hasil pengujian dengan diterapkan pendekatan tertentu, sehingga didapat hasil yang objektif dimana data diperoleh dari proses pengujian.

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini dilakukan dengan menarik kesimpulan dari analisa dan studi literatur serta saran untuk penulis selanjutnya jika akan dijadikan bahan referensi.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memudahkan dalam proses penyusunan tugas akhir ini dan memperjelas isi dari setiap bab maka dibuat sistematika sebagai berikut :

PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan secara sistematis mengenai landasan topik penelitian yang meliputi latar belakang, Tujuan, Manfaat, Rumusan dan Batasan Masalah. Kemudian Metodologi Penelitian dan yang terakhir mengenai sistematika penulisan.

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi dasar – dasar teori dari penelitian terkait mengenai pengertian monitoring, Internet of Thing, Mikrokontroler ESP32, Water Level Sensor, Jaringan Mesh. Yang berhubungan dengan penelitian.

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara sistematis, bagaimana proses penelitian dilakukan. Penjelasan pada bab ini meliputi tahapan perancangan sistem (System design) dan penerapan penelitian.

HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan serta analisis dari tiap data yang diperoleh dari hasil pengujian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan tentang penelitian yang dilakukan, serta menjawab tujuan yang hendak dicapai pada BAB I PENDAHULUAN.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini merujuk pada penelitian – penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik yang dibahas pada penelitian ini. Adapun penelitian – penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai rujukan untuk penelitian ini ditunjukkan pada Tabel

2.1.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu yang Digunakan sebagai Referensi

Judul Penelitian	Nama Peneliti	Hasil Penelitian
IoT Based Water Level Control System (The 2018 Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON2018)).	<ul style="list-style-type: none"> • Steven Sachio • Agustinus Noertjahyana, • Resmana Lim 	<ul style="list-style-type: none"> • Dari percobaan antara ping tanpa menggunakan timer dan dengan menggunakan timer. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama delay yang diberikan semakin akurat pembacaan sensor terhadap ketinggian air. • Dari percobaan penampung air pada mode kerja dapat disimpulkan bahwa pada saat pompa dari running sampai stop, kesalahan pembacaan level dari sensor karena disebabkan oleh aliran air yang menyebabkan permukaan air tidak rata sehingga pulsa refleksi tidak sempurna lagi. • Dari percobaan konektivitas dengan Wi-Fi dapat disimpulkan bahwa Mikrokontroler ESP8266 dapat dihubungkan dengan Wi-Fi dengan

		<p>protokol keamanan WPA-PSK, WPA2-PSK, serta protokol WEP.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dari percobaan, sensor ultrasonik dapat digunakan sebagai pemantauan air dengan ambang kesalahan antara 2 cm
<p>Water Level Monitoring and Management of Dams using IoT (2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU))</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sai Sreekar Siddula • Phaneendra Babu • P.C. Jain 	<p>Air merupakan salah satu sumber daya utama bagi kelangsungan hidup manusia. Namun sayangnya sejumlah besar air disia-siakan oleh penggunaan yang tidak terkendali. Ada sistem pemantauan ketinggian air otomatis tertentu dalam praktiknya tetapi mereka digunakan untuk berbagai aplikasi dan memiliki beberapa kekurangan dalam praktiknya. Kami mencoba menyarankan cara untuk mengatasi masalah ini dan menerapkan sistem pemantauan dan pengelolaan ketinggian air yang efisien. Moto utama dari pekerjaan penelitian ini adalah untuk membangun sistem yang fleksibel, ekonomis dan mudah dikonfigurasi yang dapat memecahkan masalah distribusi air kita antara dua wilayah dan melindungi daerah dataran rendah dari banjir dll di antara banyak masalah lainnya. Kami telah</p>

		<p>menggunakan pengontrol mikro untuk mengelola data dan mengurangi biaya. Kami telah berhasil melakukan eksperimen di lab dan oleh karena itu mengusulkan jaringan pemantauan dan pengelolaan ketinggian air berbasis cloud yang fleksibilitasnya akan menawarkan kami untuk mengontrol sistem dari tempat mana pun melalui akses ke data cloud dengan berbagai jenis perangkat. Jenis sistem ini lebih membantu dalam situasi seperti banjir di mana sistem pengangkat gerbang otomatis akan memeriksa ketinggian air dan bereaksi sesuai situasi. Hal ini dapat memberikan manfaat besar bagi pekerjaan penelitian yang berkaitan dengan pengelolaan air yang efisien di bendungan dengan mengurangi pekerjaan manual.</p>
<p>LoRa-based Mesh Network for IoT Applications (2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Heon Huh • Jeong Yeol Kim 	<p>Dalam paper ini, kami menganalisis jaringan pribadi berbasis LoRa untuk aplikasi IoT. Beberapa masalah ditemukan saat menggunakan LoRa standar di jaringan pribadi dengan skenario kerja khusus. Oleh karena itu, kami mengusulkan LoRaWAN yang dimodifikasi yang mendukung jaringan mesh dan TEDS. Jaringan</p>

		<p>mesh meningkatkan cakupan dan membuat penyebaran jaringan lebih mudah. Dengan TEDS, tingkat tabrakan dalam sistem jaringan berkurang. Di masa depan, kami berencana untuk menerapkan LoRaWAN yang diusulkan ke jaringan nyata dan mengevaluasi kinerja dari berbagai perspektif.</p>
<p>Quality of Service in the Internet of Things (IoT) – A Survey (ReTeLL, Vol. 21, June 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • K. Subash, D. Janet Ramya • L. Arockiam 	<p>IoT adalah teknologi yang berkembang yang mengalami sejumlah besar perubahan untuk menawarkan layanan yang lebih baik kepada masyarakat. Dalam makalah survei ini, arsitektur menjelaskan fungsi lapisan dalam IoT dan taksonomi menunjukkan parameter kualitas layanan. Metrik yang harus ditangani untuk meningkatkan kualitas layanan juga diberikan. Di masa depan, ini dapat diperluas dengan mengusulkan pendekatan baru, dengan mengatasi masalah seperti tautan yang tidak stabil, lalu lintas, kegagalan node, kehilangan paket, masa pakai node, kemacetan, dll. untuk meningkatkan Kualitas Layanan di IoT. Hanya beberapa metrik yang dibahas dalam makalah ini. Deskripsi mendetail tentang</p>

		metrik dapat diberikan di masa mendatang.
Architecture, Issues and Challenges of Wireless Mesh Network (2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP))	<ul style="list-style-type: none"> • Syed Yasmeen Shahdad • Asfia Sabahath • Reshma Parveez 	Jaringan mesh nirkabel muncul dan berbagai perusahaan menggunakan teknologi ini untuk memenuhi persyaratan berbagai aplikasi, menyediakan jaringan rumah broadband, area cakupan yang luas, dan konektivitas. Kerugiannya adalah strukturnya yang kompleks. Kompleksitas muncul dengan kombinasi teknologi nirkabel dan node nirkabel (router dan host). Ada berbagai isu/masalah yang belum terpecahkan yang ada dalam merancang WMN yang mempengaruhi kinerjanya. Tantangan dan masalah ini harus dipecahkan agar dapat memanfaatkan teknologi ini secara efisien.

2.2. MONITORING

Monitoring pada dasarnya adalah pemantauan yang dapat dijelaskan sebagai kesadaran (*awareness*) tentang apa yang ingin diketahui, pemantauan berkadar tingkat tinggi dilakukan agar dapat membuat pengukuran melalui waktu yang menunjukkan pergerakan ke arah tujuan atau menjauh dari itu.

Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa terhadap proses berikut objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis antara lain tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan [1].

2.3. INTERNET OF THINGS (IoT)

Internet Of Things memiliki dua kata kunci, Internet dan Of Things. Internet yang merupakan singkatan dari inter connection networking adalah jaringan komputer yang terhubung satu sama lain menggunakan TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*). Things di *Internet Of Things* adalah objek yang kita gunakan setiap hari dari mana informasi tentang hal-hal itu berasal dari sensor yang membaca lingkungan sekitar secara real time tanpa intervensi manusia.

Internet Of Things adalah sebuah objek yang dapat menghasilkan data melalui sensor dan data tersebut di kirim ke server atau komputer melalui koneksi internet. *Internet Of Things* juga sangat erat kaitannya dengan komunikasi *Machine to Machine* (M2M) yang dapat berkomunikasi tanpa campur tangan manusia di dalamnya.

Cara kerja *Internet Of Things* yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internet yang menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. Tantangan terbesar dalam mengkonfigurasi *Internet Of Things* ialah menyusun jaringan komunikasinya sendiri, yang dimana jaringan tersebut sangatlah rumit, dan memerlukan sistem keamanan yang ketat [2].



Gambar 2.1. Arsitektur *Internet Of Things*

2.4. JARINGAN MESH

Jaringan mesh nirkabel (WMN) adalah jaringan komunikasi yang terdiri dari node yang diatur dalam topologi mesh, menurut *Akyildiz, X. Wang* dalam buku *Wireless Mesh Networks*. Ini bukan konsep baru sama sekali, karena telah muncul dari *Multiple Ad Hoc Networks* di tahun 70-an dari *Packet Radio NETWORK (PRNET)* yang dibuat oleh *The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)* dari Departemen Pertahanan AS.

Kemudian di tahun 90-an, banyak solusi sipil lainnya juga telah diusulkan dan dibuat untuk penggunaan yang berbeda seperti memperluas cakupan layanan broadband. Sifat jaringan terdistribusi dari jaringan mesh nirkabel dengan konfigurasi sederhana sangat ideal untuk diterapkan di jaringan IoT untuk memanfaatkan jangkauan yang diperluas serta menjaga desain perangkat keras minimal menggunakan modul jaringan yang lebih kecil. Jaringan seperti itu juga lebih kuat di lingkungan yang keras karena jaringan didistribusikan tanpa satu titik pusat kegagalan [3].

2.5. MIKROKONTROLLER ESP32

ESP32 adalah chip combo 2,4 GHz Wi-Fi dan Bluetooth tunggal yang dirancang dengan daya ultra rendah TSMC 40 nm teknologi. Ini dirancang untuk mencapai daya dan kinerja RF terbaik, menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai macam aplikasi dan skenario daya.

ESP32 dirancang untuk aplikasi seluler, digunakan pada elektronik, dan *Internet Of Things (IoT)*. Semua fitur karakteristik *state of the art* dari chip daya rendah, termasuk *gating clock grained* halus, mode daya ganda, dan *powercaling* dinamis. Misalnya, dalam skenario aplikasi hub sensor IoT daya rendah, ESP32 diaktifkan secara berkala dan hanya terdeteksi ketika kondisi tertentu [4].



Gambar 2.2. Mikrokontroler ESP32

Pin out tersebut terdiri dari:

- 18 ADC (Analog Digital Converter yang berfungsi sebagai perubah dari sinyal analog ke sinyal digital)
- DAC (Digital Analog Converter, kebalikan ADC)
- 16 PWM (Pulse Width Modulation)
- 10 Sensor sentuh
- jalur interface UART
- Pin interface I2C, I2S, dan SPI

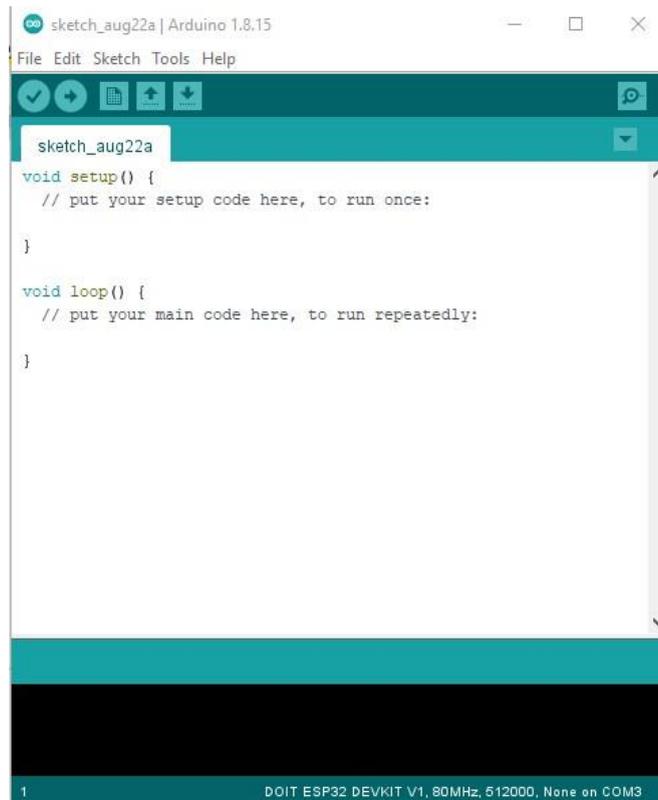
2.6. ESP32 MESH

ESP-MESH adalah protokol jaringan yang dibangun di atas protokol Wi-Fi. ESP-MESH memungkinkan banyak perangkat (selanjutnya disebut sebagai node) yang tersebar di area fisik yang besar (baik di dalam maupun di luar ruangan) untuk saling terhubung di bawah satu WLAN (*Wireless Local-Area Network*). ESP-MESH adalah self-organizing dan self-healing yang berarti jaringan dapat dibangun dan dipelihara secara mandiri.

ESP-MESH berbeda dari jaringan Wi-Fi infrastruktur tradisional di mana node tidak perlu terhubung ke node pusat. Sebaliknya, node diizinkan untuk terhubung dengan node tetangga. Node saling bertanggung jawab untuk menyampaikan transmisi satu sama lain. Hal ini memungkinkan jaringan ESP-MESH memiliki cakupan area yang jauh lebih besar karena node masih dapat mencapai interkoneksi tanpa harus berada dalam jangkauan node pusat. Demikian juga, ESP-MESH juga kurang rentan terhadap kelebihan beban karena jumlah node yang diizinkan di jaringan tidak lagi dibatasi oleh satu node pusat [5].

2.7. ARDUINO IDE

Arduino Integrated Development Environment atau Arduino Software (IDE) berisi editor teks untuk menulis kode, area pesan, konsol teks, toolbar dengan tombol untuk fungsi umum dan serangkaian menu. Ini terhubung ke perangkat keras Arduino untuk mengunggah program dan berkomunikasi dengannya. Adapun interface dari Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.3 [6].



Gambar 2.3. Arduino IDE

2.7.1. MENULIS SKETSA

Program yang ditulis menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sketsa. Sketsa ini ditulis dalam editor teks dan disimpan dengan ekstensi file .ino. Editor memiliki fitur untuk memotong/menempel dan untuk mencari/mengganti teks. Area pesan memberikan umpan balik saat menyimpan dan mengekspor dan juga menampilkan kesalahan. Konsol menampilkan output teks oleh Arduino Software (IDE), termasuk pesan kesalahan lengkap dan informasi lainnya. Sudut kanan bawah jendela menampilkan papan yang dikonfigurasi dan port serial. Tombol toolbar memungkinkan Anda untuk memverifikasi dan mengunggah program, membuat, membuka, dan menyimpan sketsa, dan membuka monitor serial.

2.7.2. UPLOADING

Sebelum mengunggah sketsa, harus memilih item yang benar dari menu Tools > Board and Tools > Port. Di Windows, mungkin COM1 atau COM2 (untuk papan serial) atau COM4, COM5, COM7, atau lebih tinggi (untuk papan USB). Setelah memilih port dan papan serial yang benar, tekan tombol *upload* di bilah alat atau pilih item *Upload* dari menu Sketsa. Papan Arduino saat ini akan diatur ulang secara otomatis dan mulai mengunggah. Saat *upload* sketsa, menggunakan bootloader Arduino, sebuah program kecil yang telah dimuat ke mikrokontroler di papan. Ini memungkinkan mengunggah kode tanpa menggunakan perangkat keras tambahan apa pun. Bootloader aktif selama beberapa detik saat papan disetel ulang, kemudian dimulai sketsa mana yang paling baru diunggah ke mikrokontroler.

2.7.3. LIBRARY

Library menyediakan fungsionalitas tambahan untuk digunakan dalam sketsa yang bekerja dengan perangkat keras atau memanipulasi data. Untuk menggunakan *library* dalam sketsa, pilih dari menu Sketsa > Import library. Ini akan menyisipkan satu atau lebih pernyataan `#include` di bagian atas sketsa dan mengkompilasi perpustakaan dengan sketsa. Karena *library* diunggah ke papan dengan sketsa, *library* meningkatkan jumlah ruang yang digunakan. Jika sketsa tidak lagi membutuhkan *library*, cukup hapus pernyataan `#include`-nya dari bagian atas kode.

2.7.4. SERIAL MONITOR

Ini menampilkan serial yang dikirim dari papan Arduino melalui USB atau konektor serial. Untuk mengirim data ke papan, masukkan teks dan klik tombol "kirim" atau tekan enter. Pilih baud rate dari menu drop-down yang cocok dengan rate yang diteruskan ke `Serial.begin` di sketsa. Perhatikan bahwa pada Windows, Mac atau Linux, papan akan diatur ulang (itu akan menjalankan kembali sketsa) saat terhubung dengan monitor serial. Harap dicatat bahwa Serial Monitor tidak memproses karakter kontrol, jika sketsa memerlukan manajemen lengkap dari komunikasi serial dengan karakter kontrol, dapat menggunakan program terminal eksternal dan menghubungkannya ke port COM yang ditetapkan ke papan Arduino.

2.7.5. PREFERENCES

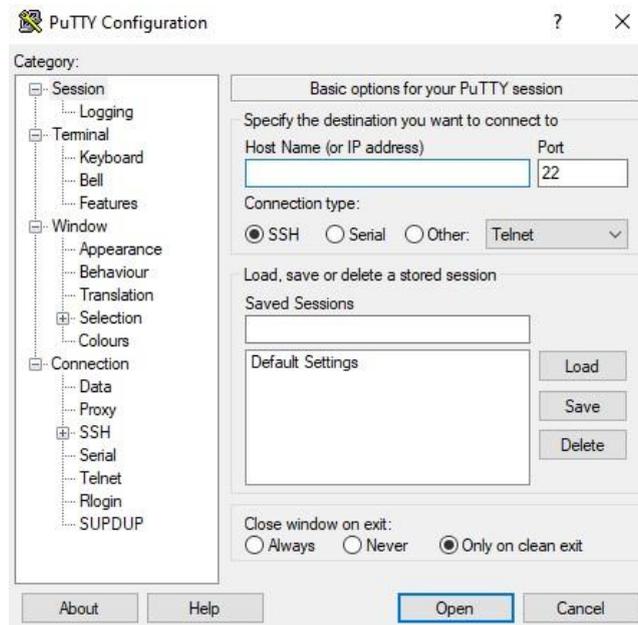
Beberapa preferensi dapat diatur dalam dialog preferensi (ditemukan di bawah menu Arduino di Mac, atau File di Windows dan Linux). Sisanya dapat ditemukan di file preferensi, yang lokasinya ditampilkan dalam dialog preferensi

2.7.6. BOARDS

Pemilihan papan memiliki dua efek, ia menetapkan parameter (misalnya kecepatan CPU dan kecepatan baud) yang digunakan saat mengkompilasi dan mengunggah sketsa dan set dan pengaturan file dan sekering yang digunakan oleh perintah burn bootloader. Beberapa definisi papan hanya berbeda pada yang terakhir, jadi meskipun telah berhasil mengunggah dengan pilihan tertentu, harus memeriksanya sebelum membakar bootloader

2.8. PUTTY

PuTTY adalah klien SSH, Telnet, Rlogin, dan SUPDUP gratis untuk sistem Windows. SSH, Telnet, Rlogin, dan SUPDUP adalah empat cara untuk melakukan hal yang sama yaitu masuk ke komputer multi-pengguna dari komputer lain melalui jaringan. Sistem operasi multi-pengguna, biasanya dari keluarga Unix (seperti Linux, MacOS, dan keluarga BSD), biasanya menyajikan antarmuka baris perintah kepada pengguna, seperti 'Command Prompt' atau 'MS-DOS Prompt' di jendela. Interface dari Putty ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. PuTTY

Sistem mencetak prompt, dan mengetikkan perintah yang akan dipatuhi sistem. SSH, Telnet, Rlogin, dan SUPDUP adalah protokol jaringan yang memungkinkan melakukan ini. Di komputer, bisa menjalankan klien, yang membuat koneksi jaringan ke komputer lain (server). Koneksi jaringan membawa penekanan tombol dan perintah dari klien ke server, dan membawa respons server kembali. Protokol ini juga dapat digunakan untuk jenis sesi interaktif berbasis keyboard lainnya. Secara khusus, ada banyak papan buletin, sistem pembicara dan MUD (Multi-User Dungeons) yang mendukung akses menggunakan Telnet. Bahkan ada beberapa yang mendukung SSH [7].

2.8.1. FITUR-FITUR DARI PUTTY

a. Copying and pasting text

Seringkali dalam sesi Putty akan menemukan teks di layar terminal yang ingin diketik lagi. Seperti kebanyakan emulator terminal lainnya, Putty memungkinkan untuk menyalin dan menempelkan teks daripada harus mengetiknya lagi. Juga, *copy and paste* menggunakan papan klip Windows, sehingga dapat *paste* (misalnya) URL ke browser web, atau *paste* dari pengolah kata atau spreadsheet ke sesi terminal.

b. Scrolling the screen back

Putty melacak teks yang telah di *scroll* ke atas dari bagian atas terminal. Jadi, jika ada sesuatu yang muncul di layar yang ingin dibaca, tetapi bergulir terlalu cepat dan hilang saat mencoba mencarinya, dapat menggunakan *scrollbar* di sisi kanan jendela untuk melihat kembali riwayat sesi dan menemukannya lagi. Selain menggunakan *scrollbar*, juga dapat mem-*page scrollbar* ke atas dan ke bawah dengan menekan Shift-PgUp dan Shift-PgDn. Dapat menscroll satu baris sekaligus menggunakan Ctrl-PgUp dan Ctrl-PgDn, atau ke atas/bawah scrollbar dengan Ctrl-Shift-PgUp dan Ctrl-Shift-PgDn.

c. System Menu

Jika mengklik tombol kiri mouse pada ikon di sudut kiri atas jendela terminal Putty, atau mengklik tombol kanan mouse pada judul, akan dapat melihat menu sistem Windows standar yang berisi item seperti *Minimise*, *Move*, *Size* dan *Close*.

2.9. WATER LEVEL SENSOR

Sensor ini dirancang untuk mendeteksi air, yang dapat digunakan pada skala besar untuk curah hujan, ketinggian air, bahkan untuk mendeteksi kebocoran cairan. Terdiri dari tiga bagian sebuah *electronic brick connector*, resistor 1 M Ω , dan sejumlah jalur kabel konduktif telanjang.

Sensor ini bekerja dengan memiliki serangkaian jejak terbuka yang terhubung ke *ground* dan *interfaced* antara *ground* bekas jejak. Jejak sensor memiliki resistor *pull-up* yang lemah sebesar 1 M Ω . Resistor akan menarik nilai jejak sensor paling tinggi sampai setetes air terpendek yang dilacak sensor ke jejak *ground*. Sirkuit ini bekerja dengan pin I / O digital Arduino dengan pin analog untuk mendeteksi jumlah kontak yang diinduksi oleh air antara jejak *ground* dan sensor.

Water level sensor ini dapat menentukan ukuran ketinggian air dengan merubah sinyal analog, dan nilai analog dari output dapat digunakan secara langsung dalam mode program, dan kemudian mencapai fungsi alarm permukaan air. *Water level sensor* ini memiliki konsumsi daya rendah dan sensitivitas yang tinggi dan kompatibel dengan Arduino UNO, Arduino mega 2560, Arduino ADK, dll [8].

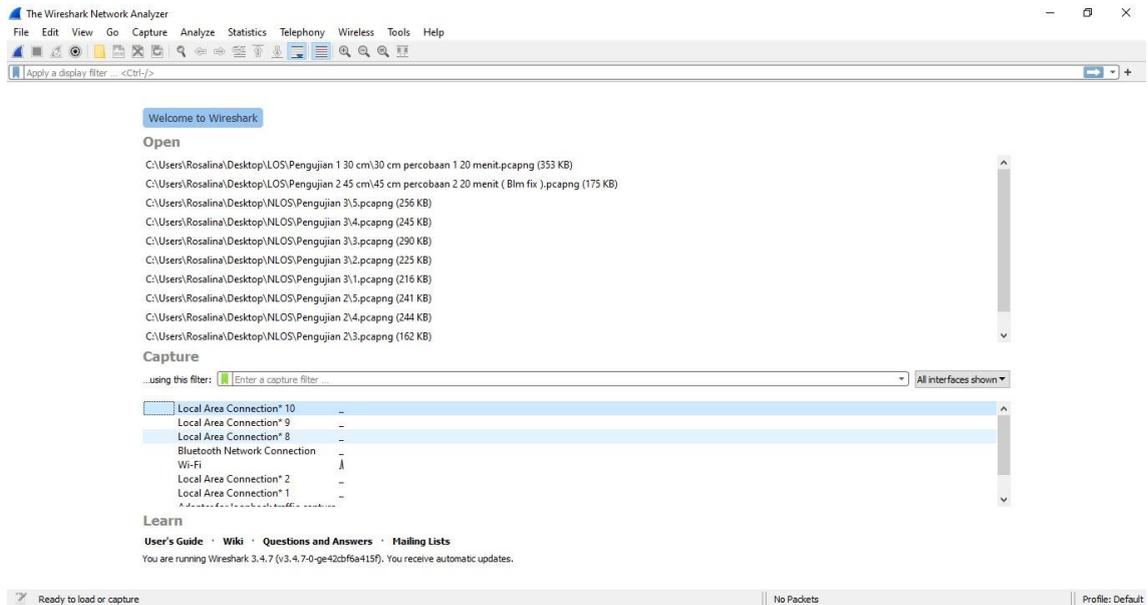


Gambar 2.5. Water Level Sensor

2.10. WIRESHARK

Wireshark adalah penganalisis protokol jaringan terkemuka dan banyak digunakan di dunia. Penganalisis paket jaringan menyajikan data paket yang diambil sedetail mungkin. Ini memungkinkan melihat apa yang terjadi di jaringan pada tingkat mikroskopis dan merupakan standar de facto (dan sering kali de jure) di banyak perusahaan komersial dan nirlaba, lembaga pemerintah, dan lembaga pendidikan. Pengembangan Wireshark berkembang pesat berkat kontribusi sukarela dari pakar jaringan di seluruh dunia dan merupakan kelanjutan dari proyek yang dimulai oleh Gerald Combs pada tahun 1998.

Di masa lalu, alat seperti itu sangat mahal, eksklusif, atau keduanya. Namun, dengan munculnya Wireshark, itu telah berubah. Wireshark tersedia secara gratis, open source, dan merupakan salah satu penganalisis paket terbaik yang tersedia saat ini. Interface dari Wireshark ditunjukkan pada Gambar 2.6 [9].



Gambar 2.6. Wireshark

2.10.1. FITUR – FITUR WIRESHARK

- Tersedia untuk UNIX dan Windows.
- Tangkap data paket langsung dari antarmuka jaringan.
- Buka file yang berisi data paket yang diambil dengan tcpdump/WinDump, Wireshark, dan banyak program pengambilan paket lainnya.
- Import paket dari file teks yang berisi hex dump data paket.
- Tampilkan paket dengan informasi protokol yang sangat detail.
- Simpan data paket yang diambil.
- Ekspor beberapa atau semua paket dalam sejumlah format file pengambilan.
- Filter paket pada banyak kriteria.
- Cari paket dengan banyak kriteria.
- Warnai tampilan paket berdasarkan filter.
- Buat berbagai statistik.

2.11. PARAMETER UJI QUALITY OF SERVICE PADA INTERNET OF THINGS (IOT)

Parameter uji pada penelitian ini yaitu parameter yang menunjukkan kualitas jaringan pada saat pengambilan data dilakukan. Parameter – parameter uji pada penelitian ini adalah *delay*, *packet loss* dan *throughput*. [10]

- a. Delay

Delay adalah banyak waktu yang dibutuhkan sebuah paket data untuk mencapai tujuan. Semakin tinggi nilai delay, semakin buruk kualitas jaringan. Untuk mengurangi tingginya nilai delay, dibutuhkan kestabilan jaringan dan bandwidth yang memadai. Adapun formula yang digunakan untuk mengetahui nilai delay ditunjukkan pada formula (1).

$$Delay = \frac{L}{C} + h \quad (1)$$

b. Packet Loss

Packet Loss adalah banyaknya paket data yang tidak terkirim ke tujuan yang disebabkan beberapa faktor seperti padatnya kondisi jaringan dan tingginya nilai delay pada jaringan. Adapun formula yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai packet loss ditunjukkan pada formula (2).

$$L(\%) = \frac{L_{Dropped}}{L_{Total}} \times 100\% \quad (2)$$

c. Throughput

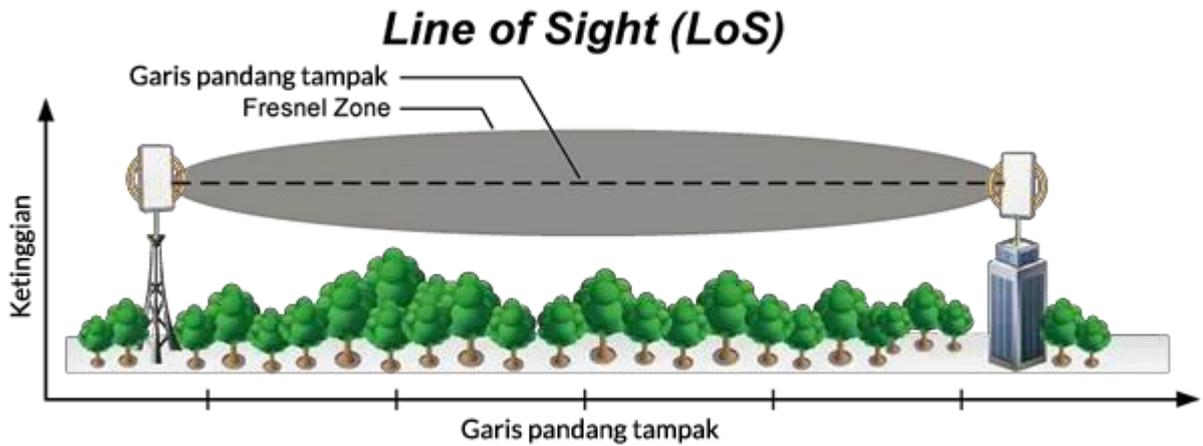
Throughput adalah besaran kecepatan data dalam mengirim paket data. Throughput umumnya ditulis dalam satuan Bits per second (Bps) atau Kilobyte per second (KBps). Adapun formula yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai throughput ditunjukkan pada formula (3).

$$Throughput = \frac{L}{t} \quad (3)$$

2.11. LOS

LoS atau disingkat Line of Sight adalah garis pandangan antara stasiun pengirim dan stasiun penerima saling berhadapan tanpa ada hambatan apa pun di antara mereka. Pada jaringan komputer, LoS dianalogikan sebagai jarak garis pandang antara 2 perangkat yang di koneksikan secara nirkabel (wireless). Sebagai contoh ada 2 radio microwave yang dipasang pada ketinggian 20 meter antara site A dan site B, maka LoS adalah kondisi dimana radio pada site A saling berhadapan dengan radio pada site B tanpa adanya rintangan diantara mereka. Ketika akan membangun suatu jaringan nirkabel perlu diketahui berapa ketinggian yang dibutuhkan agar perangkat bisa saling terhubung, untuk itu perlu dilakukan pengukuran ketinggian berdasarkan data-data empirik yang ada di

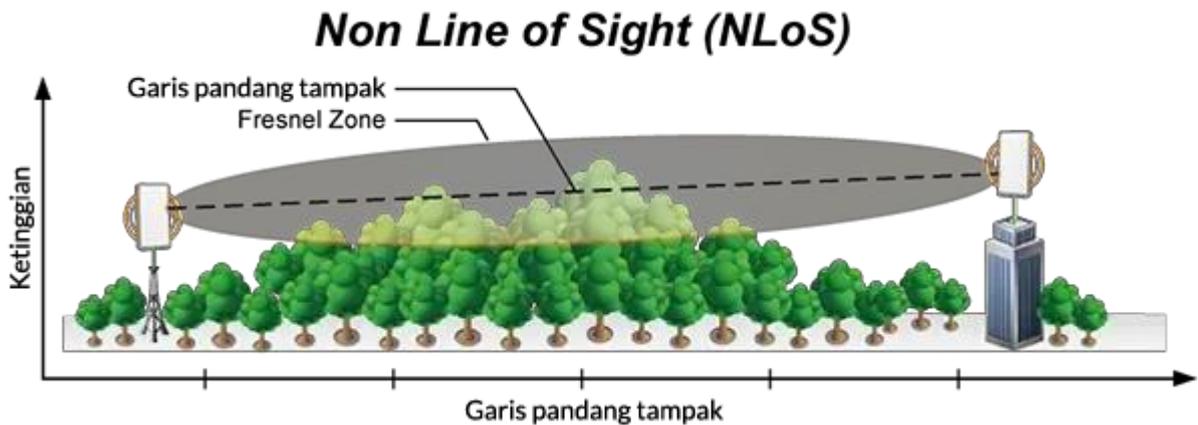
lapangan. Data-data ini bisa diperoleh melalui simulasi komputer, dan pengamatan langsung secara kasat mata [11].



Gambar 2.7. Line of Sight (LoS)

2.12. NLOS

NLoS yang merupakan singkatan dari Non-Line of Sight adalah suatu kondisi dimana pandangan tampak dan fresnel zone terhalang obyek sepenuhnya. Pada umumnya apabila ini terjadi maka koneksi akan terputus total. Perlu diadakan penambahan ketinggian pada salah satu atau kedua titik agar kondisi LoS dapat terpenuhi Kembali [11].



Gambar 2.8. Non Line of Sight (NLoS)

BAB III

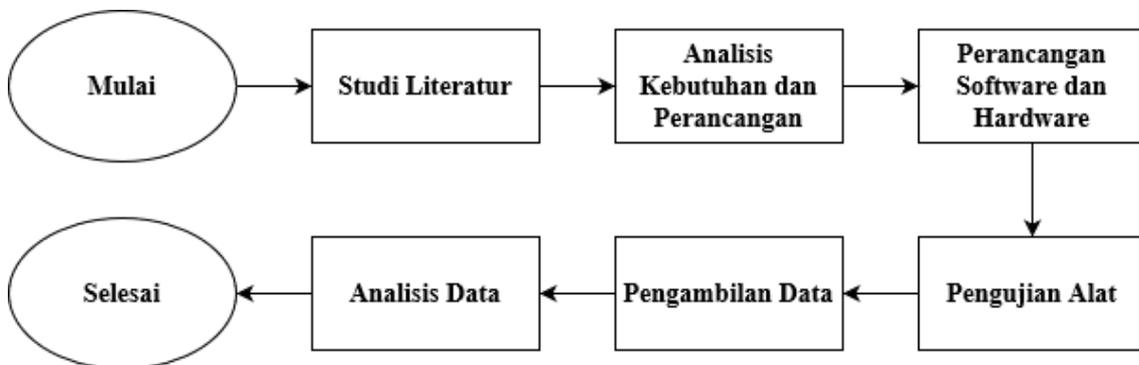
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas tentang metodologi penelitian tugas akhir. Pada metodologi penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang akan dijelaskan dalam suatu kerangka kerja. Pada kerangka kerja ini akan menjelaskan pada tahapan penelitian yang meliputi perancangan pada sistem, pengujian dan analisis. Proses perancangan menjelaskan bagaimana perancangan sistem, pendekatan yang digunakan dan skema pengujian terhadap sistem.

3.2. KERANGKA KERJA

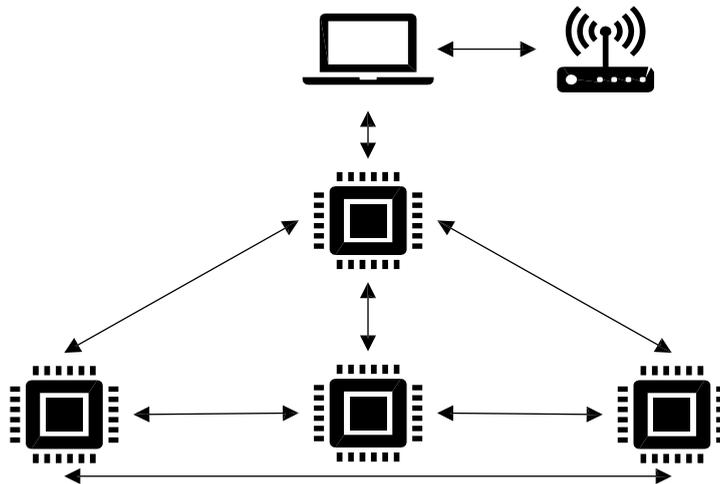
Penelitian prototipe monitoring ketinggian level air berbasis *Internet of Things* (IoT) ini meliputi beberapa tahapan yakni seperti yang ditunjukkan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Kerangka Kerja

3.3. TOPOLOGI

Pada penelitian tugas akhir ini, terdapat tahap yang dimana akan melakukan perancangan topologi. Topologi untuk penelitian ini menggunakan topologi mesh dimana 1 esp32 digunakan sebagai server dan 3 esp32 beserta 3 sensor water level digunakan sebagai client mesh. Pada Gambar 3.2 terlihat beberapa *device* yang saling terhubung satu sama lainnya. Pada gambar tersebut terdapat 4 perangkat berupa ESP32, 1 perangkat laptop dan 1 perangkat router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui. Topologi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3 2. Topologi Mesh

3.4. SPESIFIKASI ALAT

3.4.1. PERANGKAT KERAS (HARDWARE)

Pada tabel berikut menunjukkan spesifikasi komponen hardware yang digunakan dalam perancangan topologi dan pengambilan data. Berikut spesifikasi hardware yang digunakan :

a. ESP32

Tegangan	5 VDC
Arus	80 mA
Spesifikasi	Xtensa Dual-core 32 bit LX6
Dimensi	59,76mm x 28,05mm x 12,60mm
Wifi	802.11 b/g/n tipe HT-40
Bluetooth	Tipe 4.2 dan BLE
Memori	448 KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB SRAM in RTC
Typical frequency	160 MHz
Resolusi ADC	12 bit
Suhu operasional kerja	-40°C sampai 125°C
Sensor di dalam module	Sensor sentuh, sensor suhu
GPIO	48
SPI-UART-12C-12S	3-3-2-2

b. Water Level Sensor

Tegangan	3-5 VDC
Arus	<20 mA
Tipe sensor	Analog
Ukuran	20mm x 59mm

c. Powerbank

Kapasitas Baterai	10000 mAh
-------------------	-----------

d. Kabel USB

Tipe	USB 3.0
Kecepatan	5 Gpbs
Tegangan keluar maximum	5 V, 1.8 A

e. Kabel Jumper

Tipe	Female to Female
Panjang	20 cm
Ukuran pitch konektor	2.54m

f. Laptop

Operating System	Windows 10
Processor	AMD A6-9220 Radeon R4
Memory	4 GB RAM

3.4.2. PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE)

a. Arduino IDE

Software arduino yang digunakan adalah Arduino IDE , walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. Integrated Development Environment (IDE), suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE arduino terdiri dari :

1. Editor Program

Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.

2. Compiler

Berfungsi untuk kompilasi sketch tanpa unggah ke board bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode sintaks sketch. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa processing.

3. Uploader

Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi sketch ke board target. Pesan error akan terlihat jika board belum terpasang atau alamat port COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan arduino.

b. Microsoft Excel 2019

Excel merupakan sebuah aplikasi yang berupa spreadsheet yang dibuat serta didistribusikan oleh Microsoft Corporation agar dapat digunakan untuk sistem operasi Windows dan juga Mac OS. Excel atau disebut juga Microsoft Excel merupakan salah satu software yang berada dalam paket Microsoft Office. Microsoft Excel digunakan untuk proses pengolahan angka, namun tak hanya itu karena Microsoft Excel juga memiliki banyak fitur dan fungsi lainnya. Fitur Function dan Formulas atau yang lebih dikenal dengan rumus Excel merupakan sesuatu hal yang membuat Microsoft Excel cukup dikenali oleh banyak orang.

c. PuTTY versi 0.76

PuTTY adalah suatu aplikasi terminal emulator yang mensupport berbagai protokol jaringan. Aplikasi ini biasanya digunakan untuk mengakses komputer server. Komputer server umumnya terletak di suatu tempat yang jauh.

Dengan aplikasi ini, bisa mengelola server tersebut tanpa harus mendatanginya secara fisik. PuTTY menggunakan user interface berbasis teks. Aplikasi ini dikembangkan oleh Simon Tatham. Salah satu aplikasi terminal emulator tertua yang masih eksis hingga saat dan terus dikembangkan.

Fitur PuTTY

- a. Terminal window
- b. Transferring Files
- c. Public Key Authentication

d. Wireshark versi 3.4.8

Wireshark adalah penganalisis protokol jaringan terkemuka dan banyak digunakan di dunia. Penganalisis paket jaringan menyajikan data paket yang diambil sedetail mungkin. Ini memungkinkan melihat apa yang terjadi di jaringan pada tingkat mikroskopis dan merupakan standar de facto (dan sering kali de jure) di banyak perusahaan komersial dan nirlaba, lembaga pemerintah, dan lembaga pendidikan. Pengembangan Wireshark berkembang pesat berkat kontribusi sukarela dari pakar jaringan di seluruh dunia dan merupakan kelanjutan dari proyek yang dimulai oleh Gerald Combs pada tahun 1998.

Berikut adalah beberapa alasan orang menggunakan Wireshark:

- Administrator jaringan menggunakannya untuk memecahkan masalah jaringan
- Insinyur keamanan jaringan menggunakannya untuk memeriksa masalah keamanan
- Insinyur QA menggunakannya untuk memverifikasi aplikasi jaringan
- Pengembang menggunakannya untuk men-debug implementasi protokol
- Orang menggunakannya untuk mempelajari internal protokol jaringan

3.5. PENERAPAN ESP MESH

Penelitian ini menerapkan topologi berupa mesh. ESP-MESH adalah protokol jaringan yang dibangun di atas protokol Wi-Fi. ESP-MESH memungkinkan banyak perangkat (disebut sebagai node) tersebar di area fisik yang besar (baik di dalam maupun di luar ruangan) untuk saling berhubungan di bawah satu WLAN (Wireless Local-Area Network). Dengan ESP-MESH, node tidak perlu terhubung ke node pusat. Node bertanggung jawab untuk menyampaikan transmisi satu sama lain. Hal ini memungkinkan beberapa perangkat untuk tersebar di area fisik yang besar. Node dapat mengatur sendiri dan secara dinamis berbicara satu sama lain untuk memastikan bahwa paket mencapai tujuan akhir node. Jika ada simpul yang dihapus dari jaringan, ia dapat mengatur dirinya sendiri untuk memastikan bahwa paket mencapai tujuannya.

3.6. PENGAMBILAN DATA

Penelitian ini mencari nilai tinggi, delay, packet loss dan throughput yang di dapat melalui perhitungan data sensor. Perhitungan menggunakan data sensor dihitung berdasarkan kemiringan dari air. Data yang diambil berupa parameter tinggi air dalam satuan centimeter (cm).

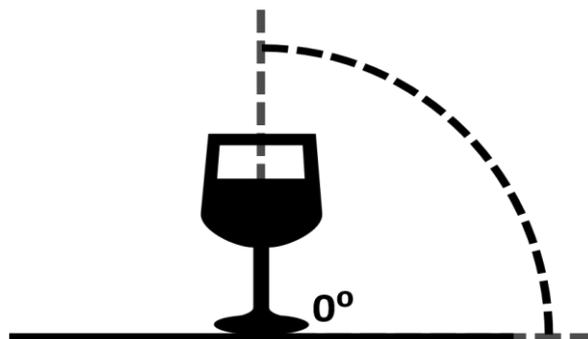
3.7. SKENARIO

Dalam penelitian dari tugas akhir ini terdapat dua skenario. Skenario I yaitu untuk mengukur lever air. Dimana terdapat 2 pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pada bidang datar dan bidang miring 60^0 . Skenario II yaitu untuk mengukur / analisa jaringan mesh. Dimana terdapat 2 pengukuran yang dilakukan yaitu pengukuran / analisa LoS (Line of Sight) dan NLoS (Non-Line of Sight).

3.7.1. SKENARIO I (PENGUKURAN LEVEL AIR)

Pada skenario ini terdapat 2 pengujian yang dilakukan yaitu dengan bidang datar dan bidang miring (60^0).

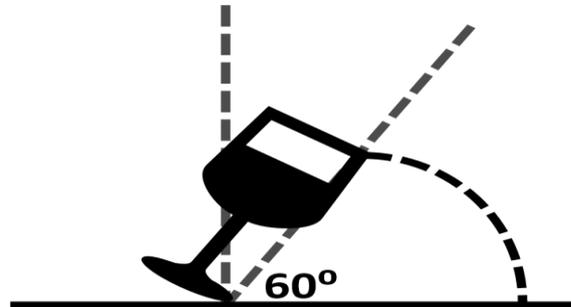
3.7.1.1. PENGUJIAN 1 (PENGUJIAN PADA BIDANG DATAR)



Gambar 3.3. Pengujian pada bidang datar

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 1 esp32 dan 1 water level sensor dengan bidang datar. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 5 menit.

3.7.1.2. PENGUJIAN 2 (PENGUJIAN PADA BIDANG MIRING 60°)



Gambar 3.4. Pengujian pada bidang miring 60°

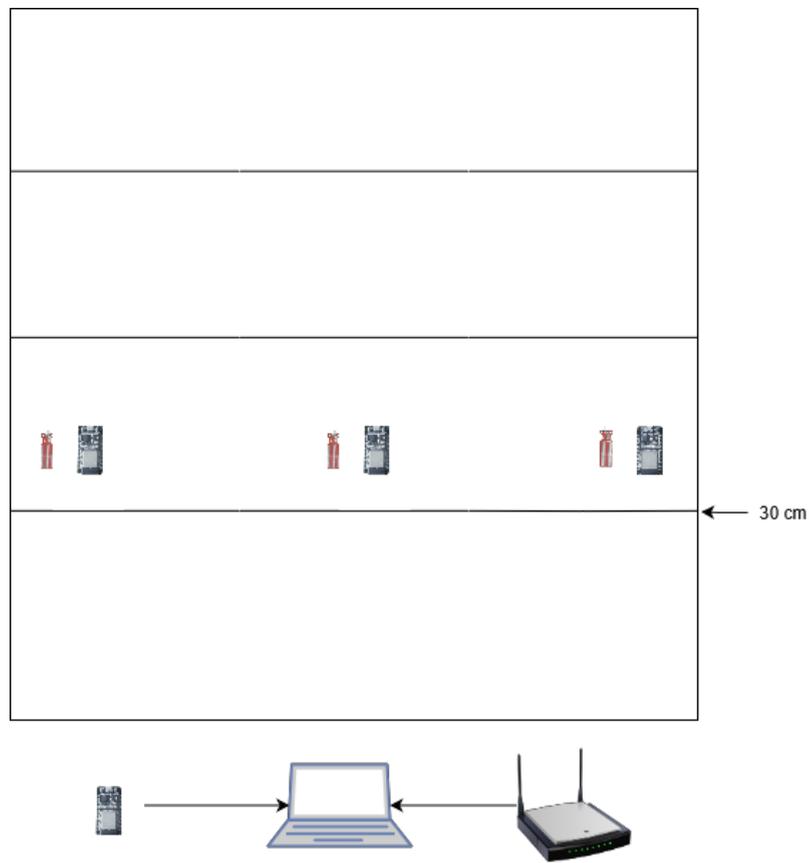
Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 1 esp32 dan 1 water level sensor dengan kemiringan 60°. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 5 menit.

3.7.2. SKENARIO II (PENGUKURAN / ANALISA JARINGAN MESH)

Pada skenario ini terdapat 2 pengukuran / analisa yang dilakukan yaitu pengukuran / analisa LoS (*Line of Sight*) dan pengukuran / analisa NLoS (*Non-Line of Sight*). Setiap pengukuran / analisa terdapat 3 kali pengujian yaitu dengan jarak 30 cm, 45 cm, dan 60 cm. Waktu pengujian yang digunakan selama 20 menit dan dilakukan dalam 5 kali percobaan di setiap pengujian nya.

3.7.2.1. PENGUKURAN / ANALISA LOS (*LINE OF SIGHT*)

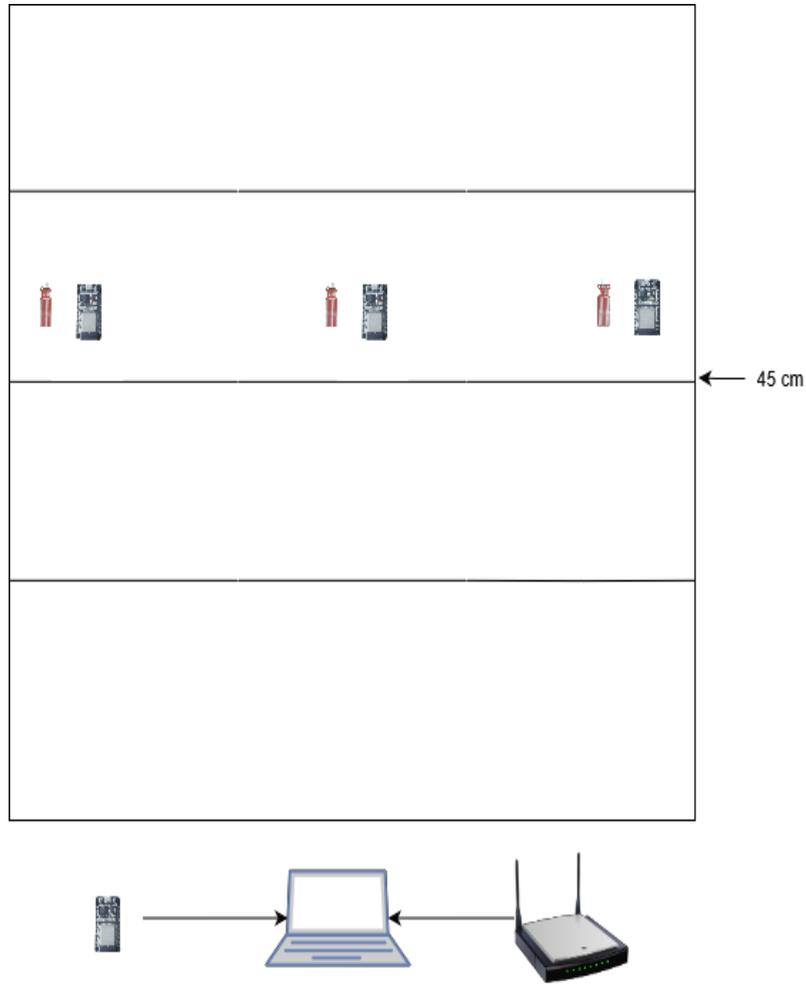
a. Pengujian 1 LoS jarak 30 cm



Gambar 3.5. Pengujian 1 LoS jarak 30 cm

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 4 esp32 dan 3 water level sensor dengan jarak 30 cm. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 20 menit. Pengujian ini menggunakan jaringan mesh dan untuk mengukur / analisa LoS. Pengujian ini juga menggunakan router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui.

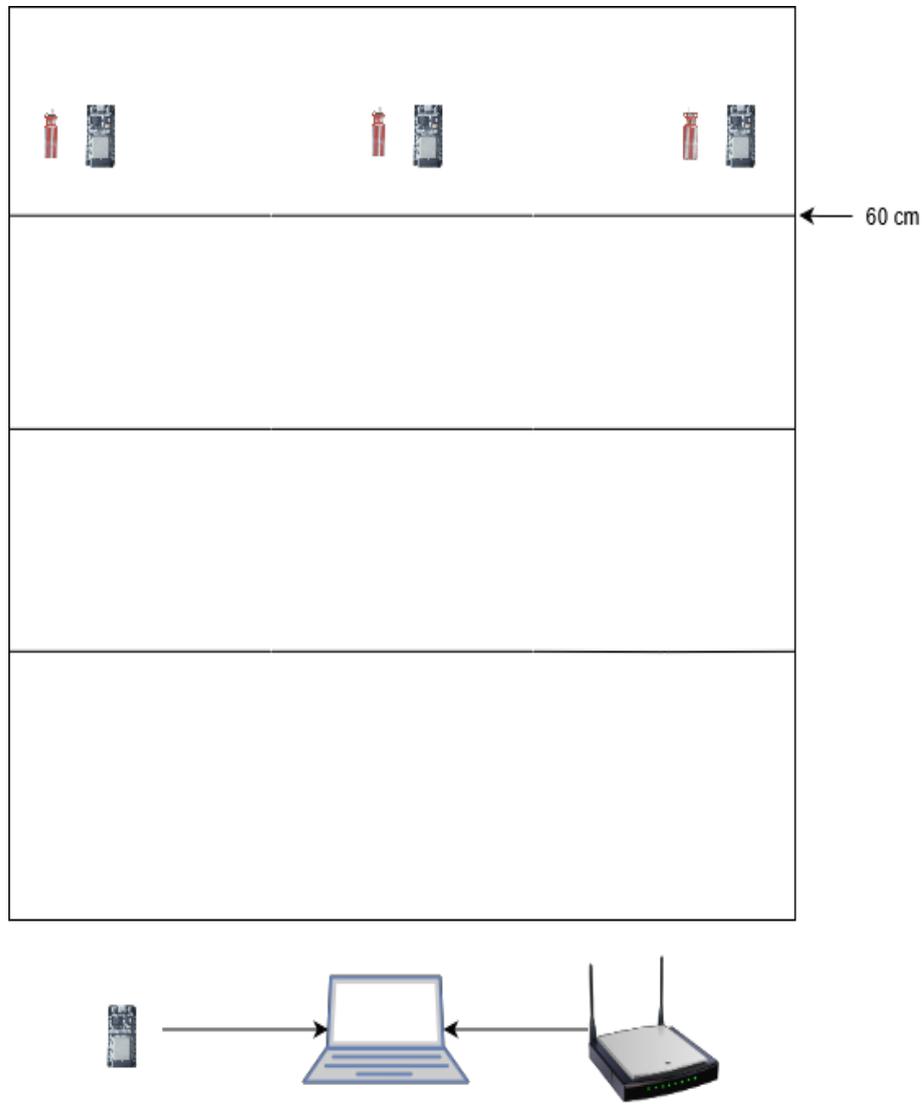
b. Pengujian 2 LoS jarak 45 cm



Gambar 3.6. Pengujian 2 LoS jarak 45 cm

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 4 esp32 dan 3 water level sensor dengan jarak 45 cm. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 20 menit. Pengujian ini menggunakan jaringan mesh dan untuk mengukur / analisa LoS. Pengujian ini juga menggunakan router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui.

c. Pengujian 3 LoS jarak 60 cm

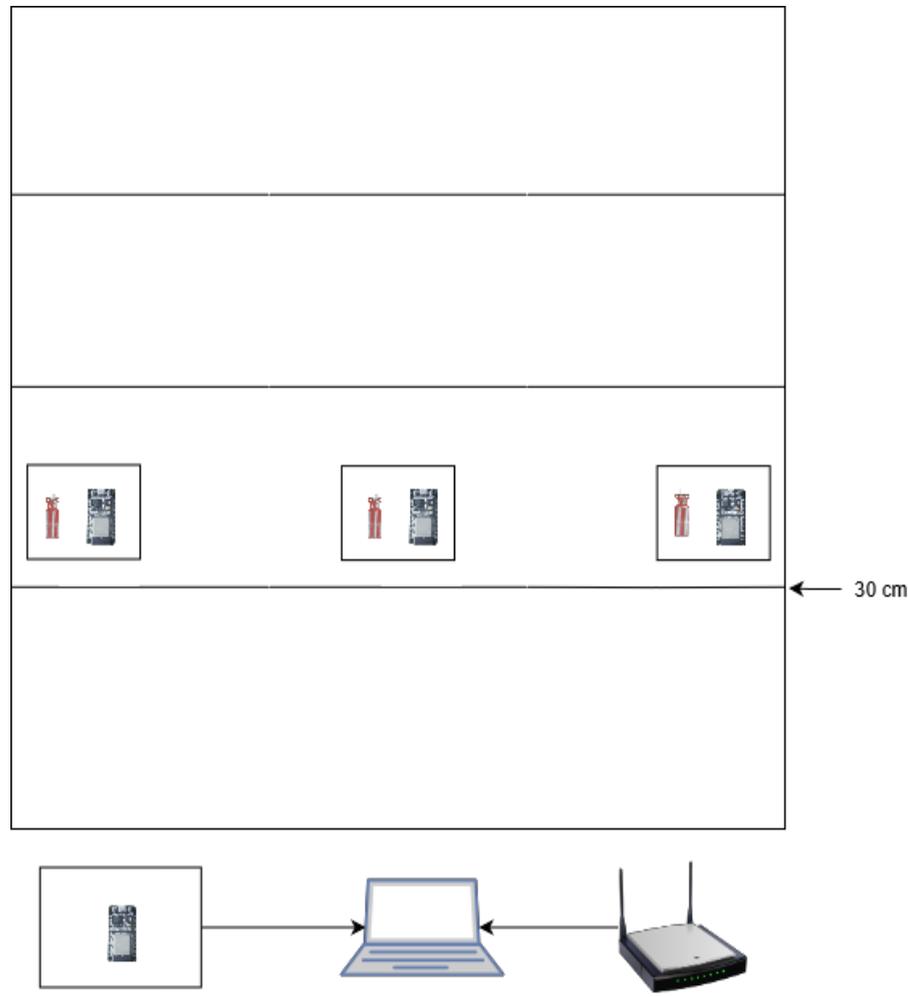


Gambar 3.7. Pengujian 3 LoS jarak 60 cm

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 4 esp32 dan 3 water level sensor dengan jarak 60 cm. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 20 menit. Pengujian ini menggunakan jaringan mesh dan untuk mengukur / analisa LoS. Pengujian ini juga menggunakan router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui.

3.7.2.2. PENGUKURAN / ANALISA NLOS (*NON-LINE OF SIGHT*)

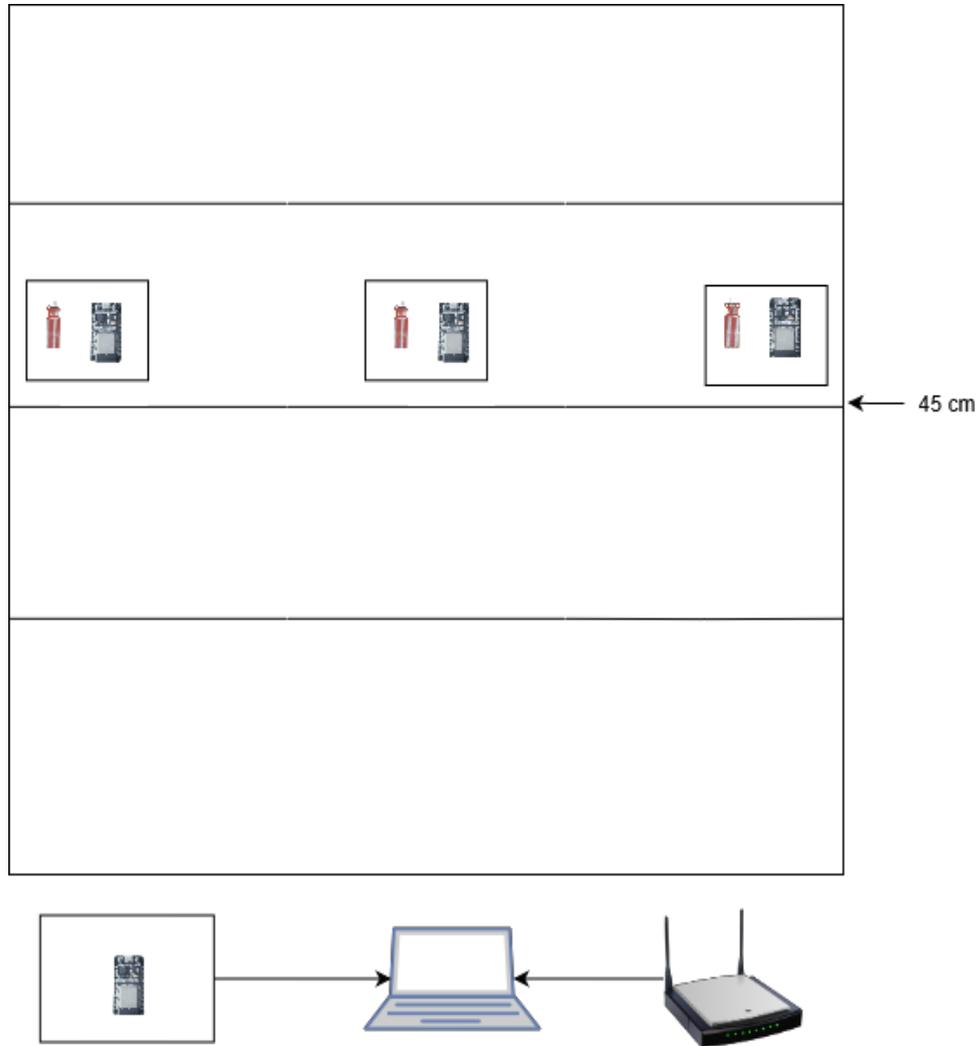
a. Pengujian 1 NLoS jarak 30 cm



Gambar 3.8. Pengujian 1 NLoS jarak 30 cm

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 4 esp32 dan 3 water level sensor dengan jarak 30 cm. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 20 menit. Pengujian ini menggunakan jaringan mesh dan untuk mengukur / analisa NLoS. Pengujian ini juga menggunakan router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui. Sebagai penghalang untuk NLoS nya sendiri, peneliti memakai kotak yang di dalamnya ada esp dan water level sensor.

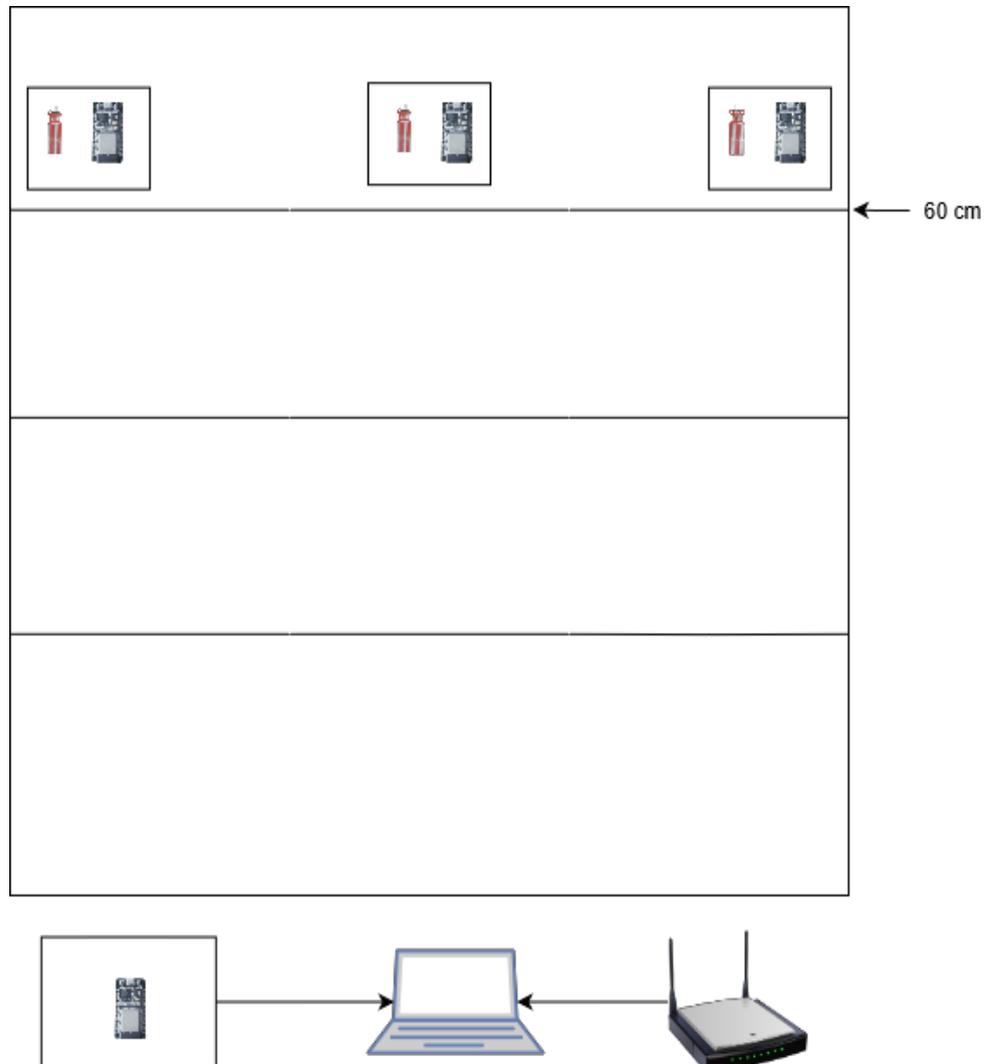
b. Pengujian 2 NLoS jarak 45 cm



Gambar 3.9. Pengujian 2 NLoS jarak 45 cm

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 4 esp32 dan 3 water level sensor dengan jarak 45 cm. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 20 menit. Pengujian ini menggunakan jaringan mesh dan untuk mengukur / analisa NLoS. Pengujian ini juga menggunakan router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui. Sebagai penghalang untuk NLoS nya sendiri, peneliti memakai kotak yang di dalamnya ada esp dan water level sensor.

c. Pengujian 3 NLoS jarak 60 cm

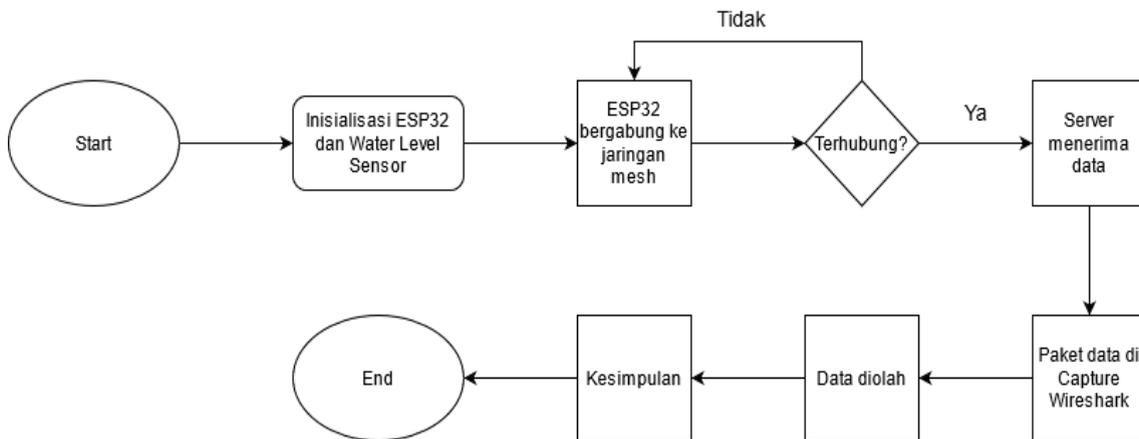


Gambar 3.10. Pengujian 3 NLoS jarak 60 cm

Pada pengujian ini akan di uji menggunakan 4 esp32 dan 3 water level sensor dengan jarak 60 cm. Pengujian ini akan dilakukan 5 kali percobaan. Setiap percobaan akan menggunakan waktu sebanyak 20 menit. Pengujian ini menggunakan jaringan mesh dan untuk mengukur / analisa NLoS. Pengujian ini juga menggunakan router yang bertindak sebagai *trigger*. *Trigger* yang dimaksud adalah agar laptop dapat mengaktifkan mode *mobile hotspot* agar IP tiap ESP32 dapat diketahui. Sebagai penghalang untuk NLoS nya sendiri, peneliti memakai kotak yang di dalamnya ada esp dan water level sensor.

3.8. FLOWCHART PROTOTIPE *MONITORING* ESP MESH

Flowchart prototipe *monitoring* ESP Mesh seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.11. Flowchart

3.9. PENGUJIAN TERHADAP PARAMETER UJI

Parameter uji pada penelitian ini yaitu parameter yang menunjukkan kualitas jaringan pada saat pengambilan data dilakukan. Parameter – parameter uji pada penelitian ini adalah *delay*, *packet loss* dan *throughput*.

a. Delay

Delay adalah banyak yang dibutuhkan sebuah paket data untuk mencapai tujuan. Semakin nilai delay, semakin buruk kualitas jaringan. Untuk mengurangi tingginya nilai delay, dibutuhkan ke-stabilan jaringan dan bandwidth yang memadai.

b. Packet Loss

Packet Loss adalah banyaknya paket data yang tidak terkirim ke tujuan yang disebabkan beberapa faktor seperti padatnya kondisi jaringan dan tingginya nilai delay pada jaringan.

c. Throughput

Throughput adalah besaran kecepatan data dalam mengirim paket data. Throughput umumnya ditulis dalam satuan Bits per second (Bps) atau Kilobyte per second (KBps).

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

4.1. PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang tahapan pengujian dari skenario yang sudah dibahas sebelumnya, pengujian ini dilakukan sebagai pembuktian dari penerapan ESP Mesh yang memakai topologi mesh dengan 4 mikrokontroller ESP dengan rincian 1 ESP sebagai server dan 3 ESP lainnya sebagai client. Setiap client menggunakan 1 water level sensor yang kemudian dihubungkan secara mesh. Selanjutnya, akan dianalisis data dari setiap pengujian yang dilakukan oleh beberapa client yang terhubung di jaringan ESP mesh. Pengujian dilakukan dalam 2 skenario. Skenario I yaitu untuk mengukur lever air. Dimana terdapat 2 pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pada bidang datar dan bidang miring 60^0 . Skenario II yaitu untuk mengukur / analisa jaringan mesh. Dimana terdapat 2 pengujian yang dilakukan yaitu pengukuran / analisa *LoS (Line of Sight)* dan *NLoS (Non-Line of Sight)*.

4.2. HASIL PERCOBAAN ESP MESH

Bagian ini penulis melakukan percobaan menggunakan sensor water level. Dikarenakan ukuran dari sebuah sensor water level tersebut setinggi 4 cm maka dilakukanlah pengujian sebanyak 4 kali yaitu untuk 1, 2, 3 dan 4 cm. Untuk percobaan memakai sensor water level, dibagi menjadi 5 percobaan dimana setiap percobaan akan memakai waktu sebanyak 5 menit untuk mengukur ketinggian air tersebut.

4.2.1. HASIL PERCOBAAN ESP MESH MENGGUNAKAN 1 WATER LEVEL SENSOR DENGAN BIDANG DATAR

Pada percobaan ini menggunakan 1 esp mesh dan 1 water level sensor dengan bidang datar. Berikut adalah hasil dan grafik dari pengujian dengan tinggi air 1, 2, 3, 4 dan 5 cm dengan waktu 5 menit.

4.2.1.1. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 5 menit dan tinggi air setinggi 1 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.1. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	1252
2	1245
3	1264
4	1232
5	1237
6	1239
7	1255
8	1237
9	1233
10	1233
11	1247
12	1232

Tabel 4.2. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	1239
2	1232
3	1247
4	1234
5	1243
6	1232
7	1243
8	1217
9	1222
10	1223
11	1286
12	1223

Tabel 4.3. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	1231
2	1231
3	1241
4	1232
5	1232
6	1223
7	1237
8	1223
9	1225
10	1218
11	1235
12	1233

Tabel 4.4. Percobaan 4

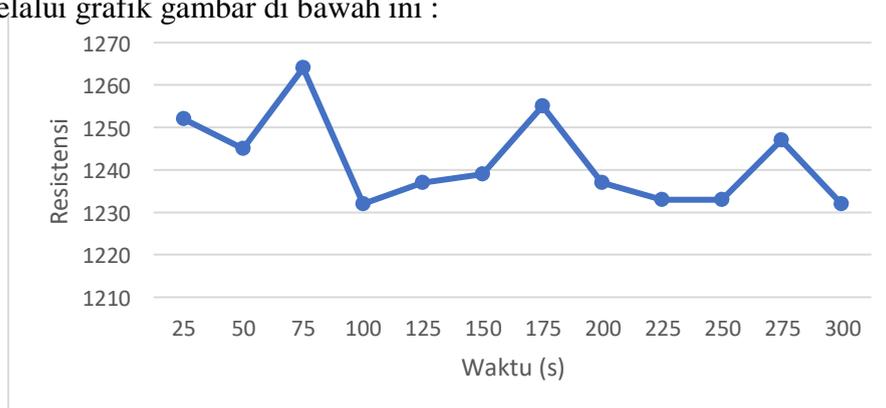
No	Nilai Resistensi
1	1232
2	1232
3	1246
4	1243
5	1226
6	1232
7	1247
8	1237
9	1243
10	1234
11	1246
12	1227

Tabel 4.5. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	1236
2	1246
3	1246
4	1239
5	1207
6	1238
7	1251
8	1232
9	1239
10	1232
11	1252
12	1234

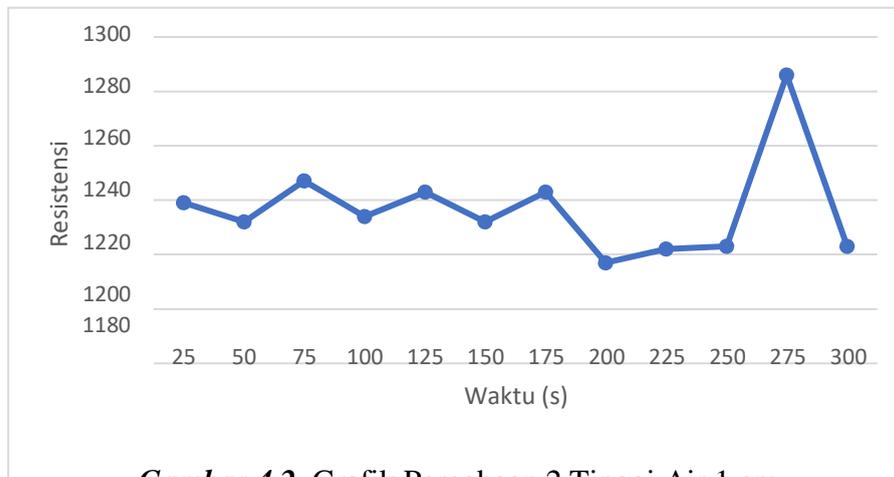
4.2.1.2. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



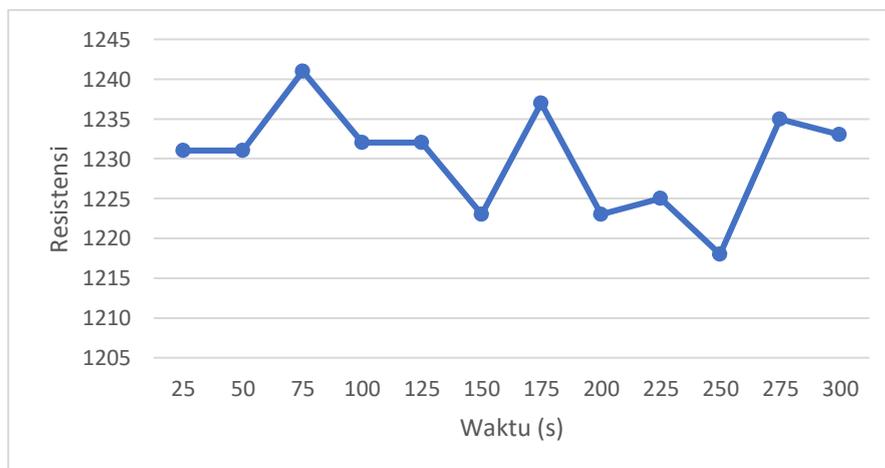
Gambar 4.1. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1264 pada waktu saat 75 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1232 pada saat waktu 300 s.



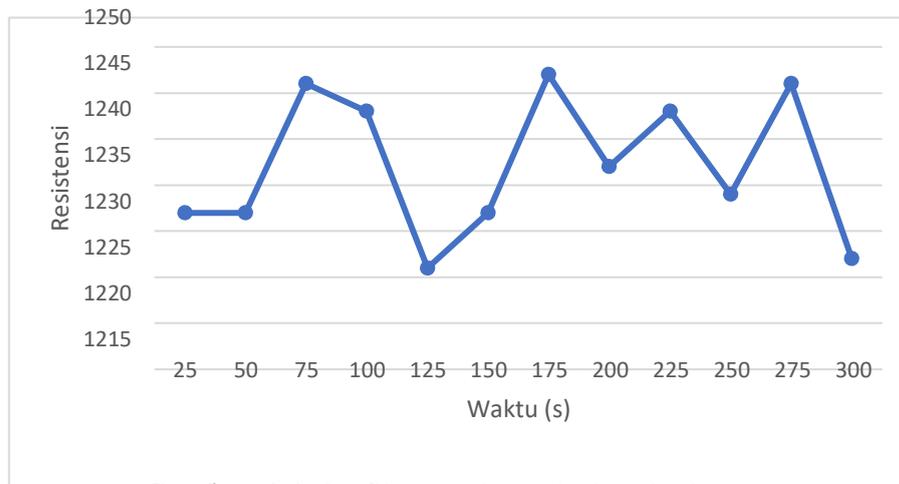
Gambar 4.2. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1286 pada saat waktu 275 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1217 pada saat waktu 200 s.



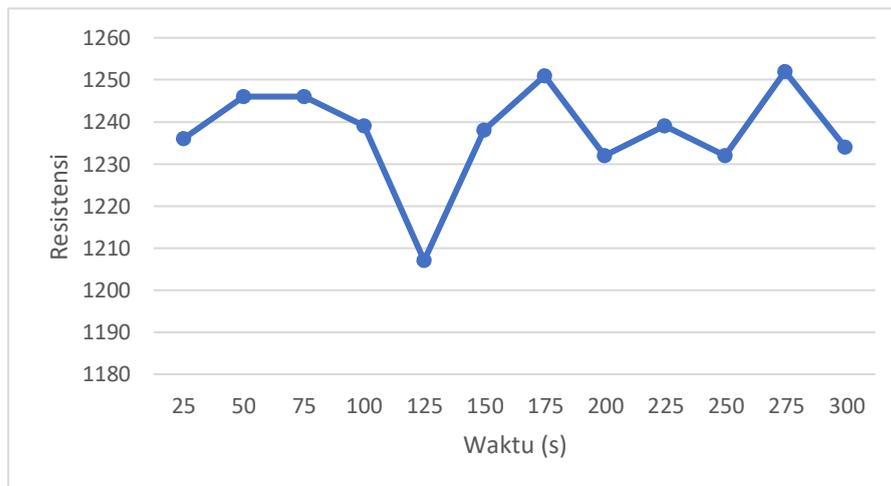
Gambar 4.3. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1241 pada saat waktu 75 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1218 pada saat waktu 250 s.



Gambar 4.4. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1247 pada saat waktu 175 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1226 pada saat waktu 125 s.



Gambar 4.5. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1252 pada saat waktu 275 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1207 pada saat waktu 125 s.

4.2.1.3. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 2 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.6. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	1459
2	1457
3	1456
4	1443
5	1447
6	1437
7	1439
8	1429
9	1430
10	1441
11	1451
12	1440

Tabel 4.7. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	1449
2	1456
3	1461
4	1471
5	1463
6	1466
7	1493
8	1469
9	1471
10	1471
11	1488
12	1474

Tabel 4.8. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	1473
2	1474
3	1467
4	1461
5	1458
6	1449
7	1472
8	1469
9	1475
10	1483
11	1495
12	1485

Tabel 4.9. Percobaan 4

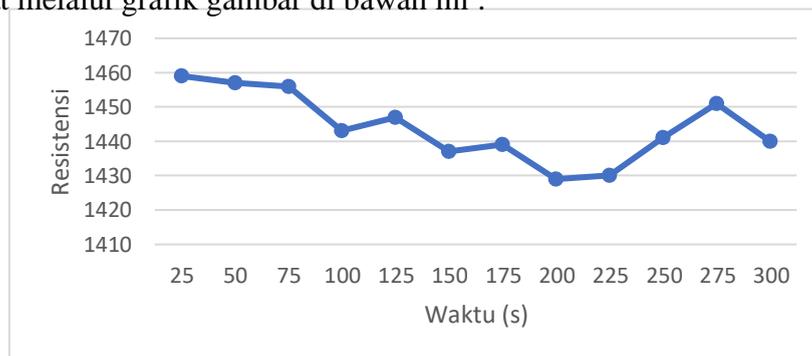
No	Nilai Resistensi
1	1409
2	1451
3	1472
4	1446
5	1446
6	1439
7	1445
8	1450
9	1457
10	1459
11	1471
12	1470

Tabel 4.10. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	1460
2	1456
3	1456
4	1443
5	1451
6	1447
7	1456
8	1439
9	1462
10	1427
11	1457
12	1437

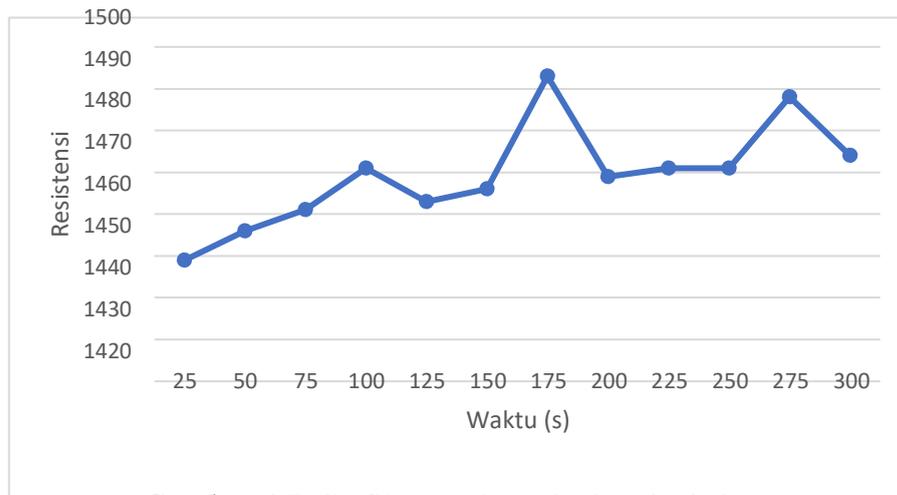
4.2.1.4. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



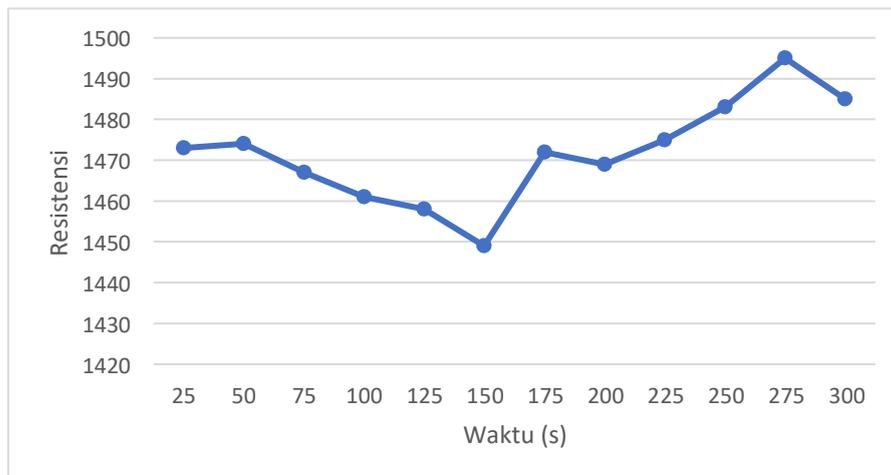
Gambar 4.6. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1459 pada saat waktu 25 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1429 pada saat waktu 200 s.



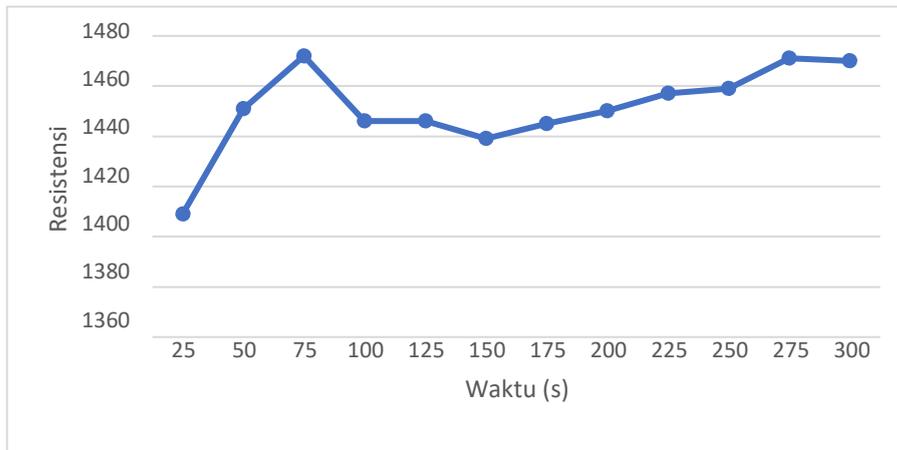
Gambar 4.7. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1493 pada saat waktu 175 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1449 pada saat waktu 25 s.



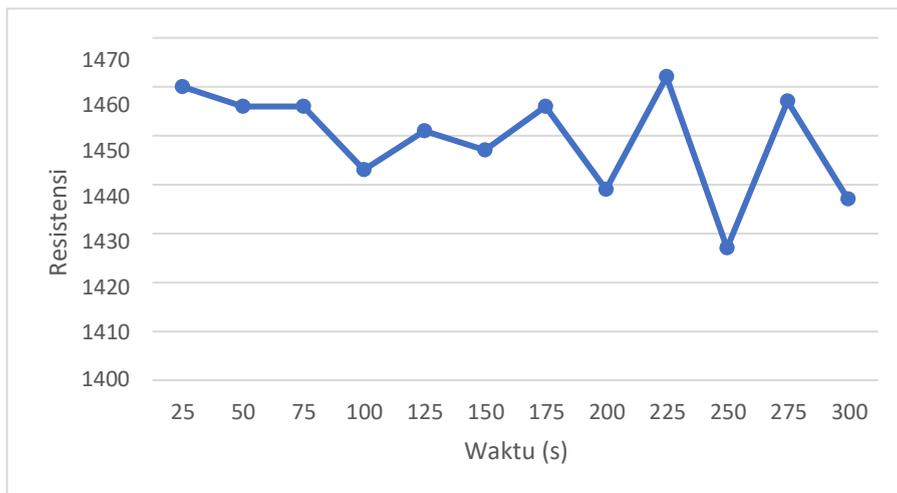
Gambar 4.8. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1472 pada saat waktu 275 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1409 pada saat waktu 150 s.



Gambar 4.9. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1493 pada saat waktu 25 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1449 pada saat waktu 75 s.



Gambar 4.10. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1462 pada saat waktu 225 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1427 pada saat waktu 250 s.

4.2.1.5. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 2 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.11. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	1861
2	1853
3	1844
4	1849
5	1840
6	1834
7	1827
8	1833
9	1819
10	1809
11	1801
12	1810

Tabel 4.12. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	1797
2	1808
3	1798
4	1806
5	1796
6	1793
7	1789
8	1788
9	1785
10	1783
11	1778
12	1790

Tabel 4.13. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	1777
2	1779
3	1778
4	1783
5	1825
6	1789
7	1847
8	1770
9	1792
10	1787
11	1783
12	1796

Tabel 4.14. Percobaan 4

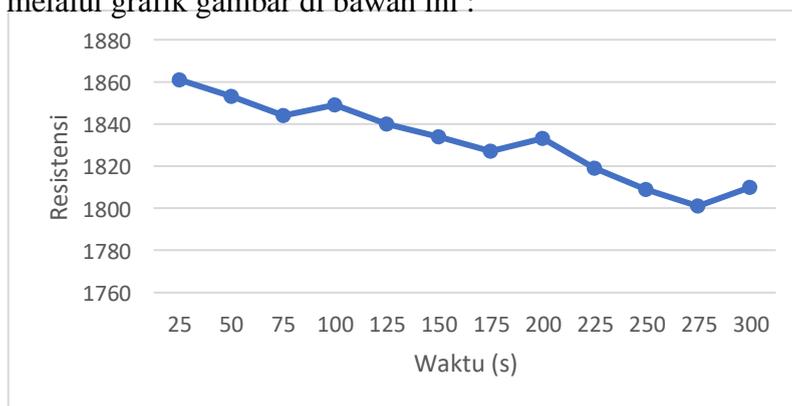
No	Nilai Resistensi
1	1781
2	1779
3	1789
4	1791
5	1777
6	1792
7	1785
8	1790
9	1777
10	1773
11	1779
12	1797

Tabel 4.15. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	1731
2	1778
3	1795
4	1782
5	1799
6	1786
7	1781
8	1787
9	1773
10	1769
11	1771
12	1778

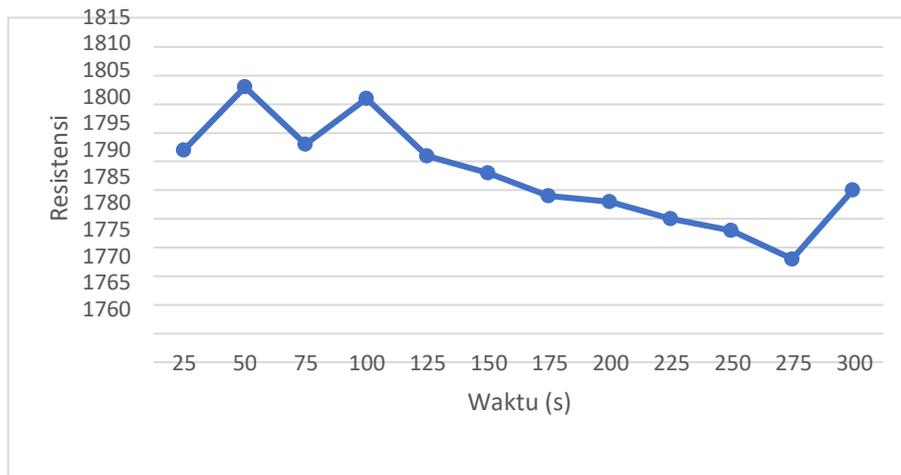
4.2.1.6. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



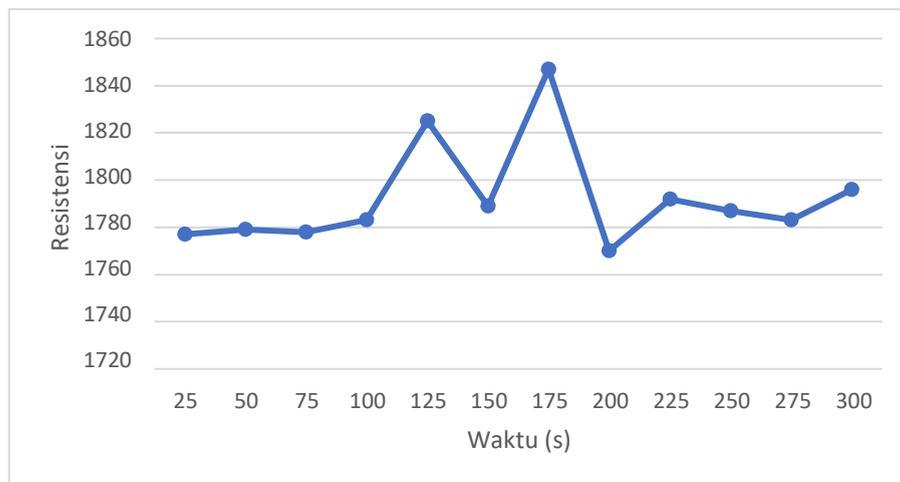
Gambar 4.11. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1861 pada saat waktu 25 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1801 pada saat waktu 275 s.



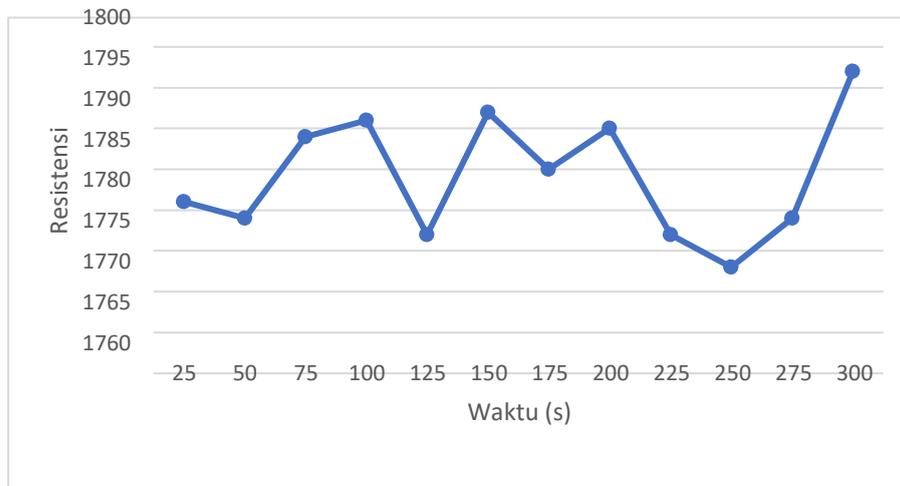
Gambar 4.12. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1808 pada saat waktu 50 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1768 pada saat waktu 275 s.



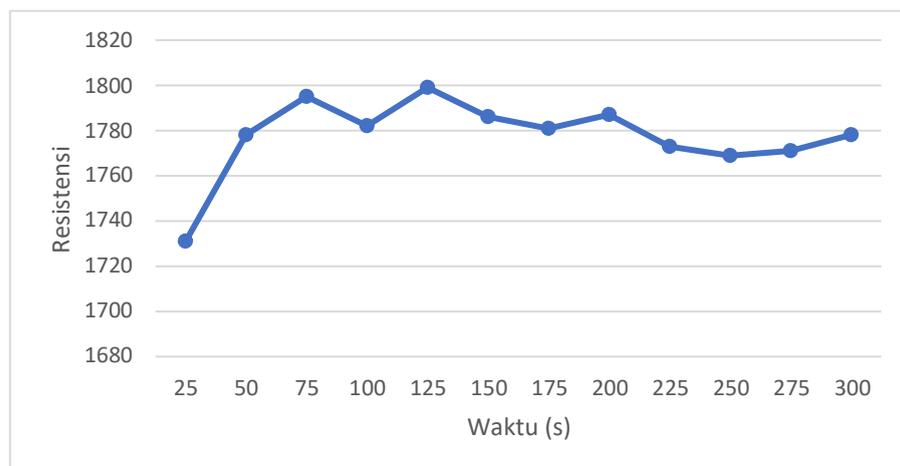
Gambar 4.13. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1847 pada saat waktu 175 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1768 pada saat waktu 200 s.



Gambar 4.14. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1797 pada saat waktu 300 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1773 pada saat waktu 250 s.



Gambar 4.15. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1799 pada saat waktu 125 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1711 pada saat waktu 25 s.

4.2.1.7. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.16. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	2114
2	2126
3	2129
4	2116
5	1729
6	2106
7	1727
8	2088
9	2077
10	2070
11	2064
12	2043

Tabel 4.17. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	2033
2	2025
3	2005
4	2061
5	1984
6	1970
7	1979
8	1987
9	1978
10	1975
11	1974
12	1974

Tabel 4.18. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	1982
2	1986
3	1986
4	1991
5	1987
6	1990
7	1975
8	1958
9	1954
10	1951
11	1936
12	1886

Tabel 4.19. Percobaan 4

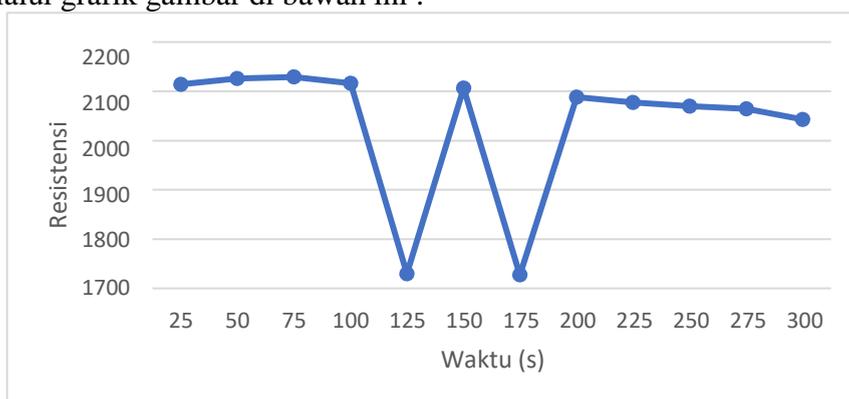
No	Nilai Resistensi
1	1933
2	1935
3	1931
4	1926
5	1920
6	1945
7	1953
8	1951
9	1950
10	1960
11	1939
12	1931

Tabel 4.20. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	1926
2	1920
3	1909
4	1887
5	1914
6	1915
7	1914
8	1905
9	1903
10	1914
11	1902
12	1930

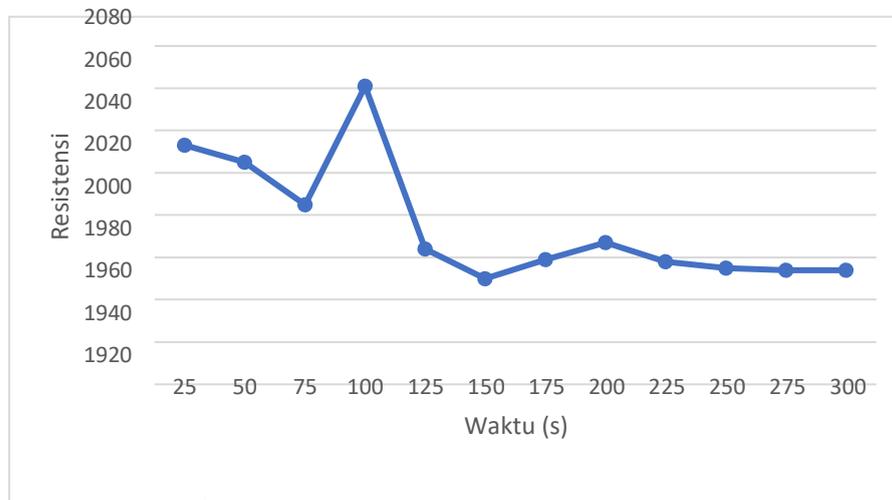
4.2.1.8. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



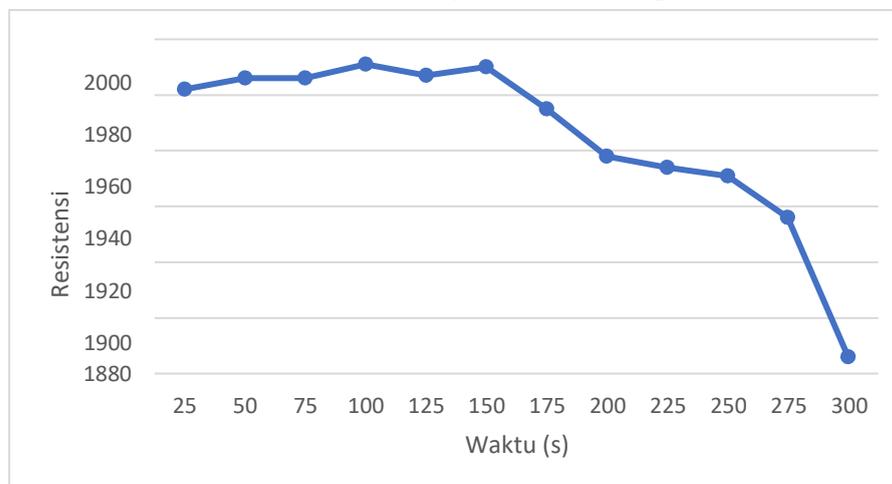
Gambar 4.16. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2129 pada saat waktu 75 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1727 pada saat waktu 175 s.



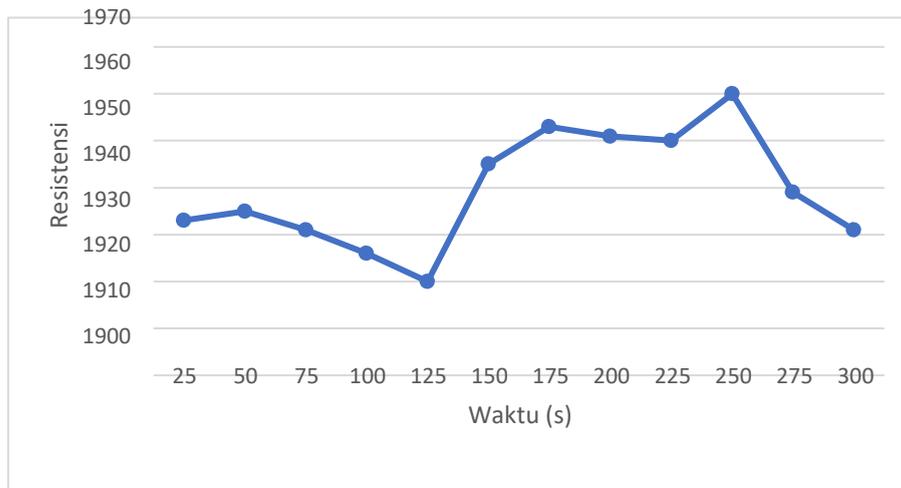
Gambar 4.17. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2061 pada saat waktu 100 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1970 pada saat waktu 150 s.



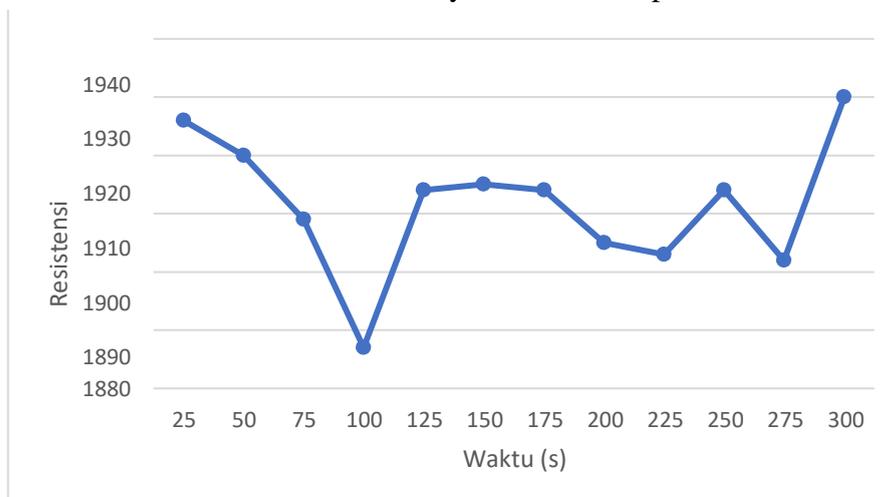
Gambar 4.18. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1991 pada saat waktu 100 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1886 pada saat waktu 300 s.



Gambar 4.19. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1960 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1920 pada saat waktu 125 s.



Gambar 4.20. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1930 pada saat waktu 300 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1887 pada saat waktu 100 s.

4.2.2. HASIL PERCOBAAN ESP MESH MENGGUNAKAN 1 WATER LEVEL SENSOR DENGAN BIDANG MIRING 60⁰

Pada percobaan ini menggunakan 1 esp mesh dan 1 water level sensor dengan bidang miring 60⁰. Berikut adalah hasil dan grafik dari percobaan dengan tinggi air 1, 2, 3, 4 dan 5 cm dengan waktu 5 menit.

4.2.2.1. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 1 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.21. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	1510
2	1490
3	1622
4	1559
5	1113
6	1479
7	1230
8	1510
9	1509
10	1483
11	1501
12	1563

Tabel 4.22. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	1546
2	1559
3	1553
4	1535
5	1502
6	1559
7	1584
8	1590
9	1571
10	1179
11	1554
12	1563

Tabel 4.23. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	1595
2	1582
3	1521
4	1520
5	1499
6	1511
7	1545
8	1520
9	1507
10	1474
11	1520
12	1506

Tabel 4.24. Percobaan 4

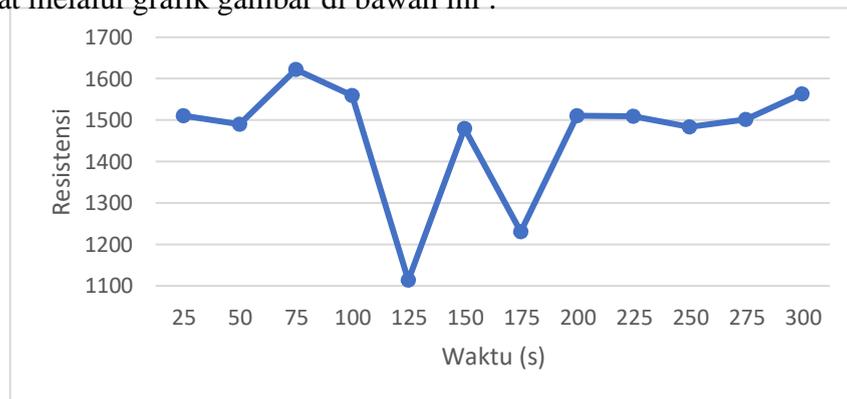
No	Nilai Resistensi
1	1533
2	1534
3	1552
4	1548
5	1522
6	1523
7	1483
8	1505
9	1502
10	1554
11	1581
12	1532

Tabel 4.25. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	1580
2	1563
3	1499
4	1503
5	1470
6	1488
7	1600
8	1574
9	1546
10	1575
11	1565
12	1581

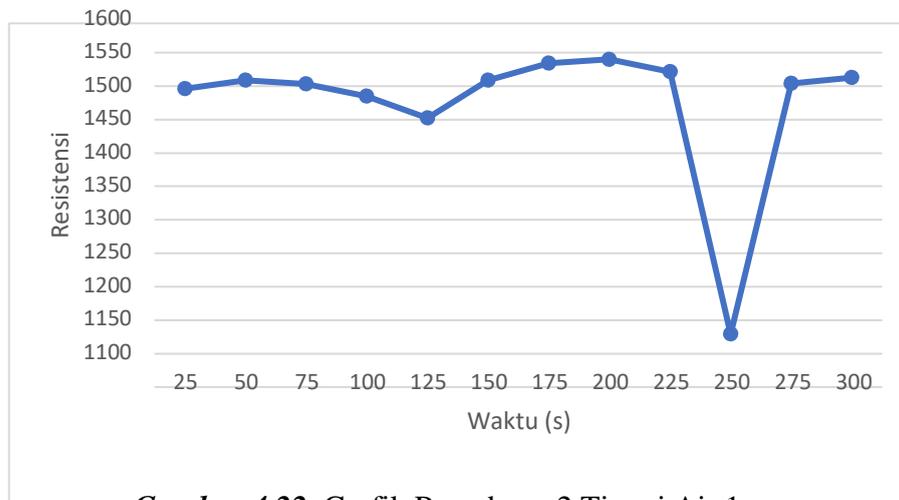
4.2.1.2. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 1 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



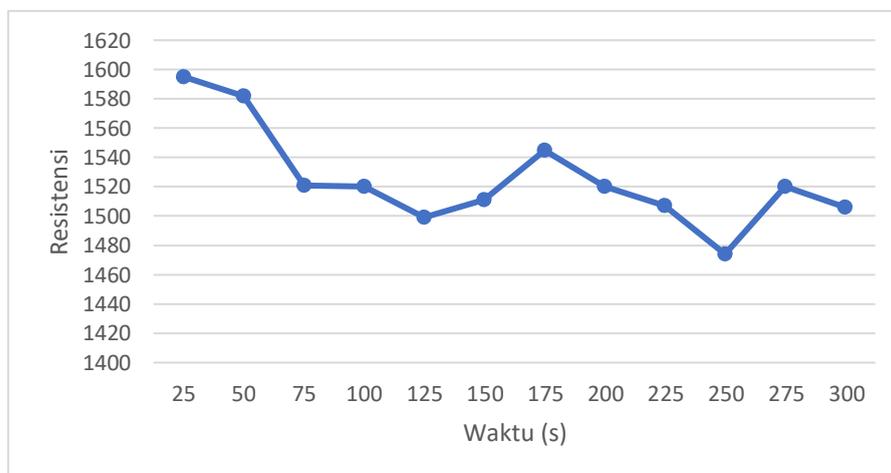
Gambar 4.21. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1622 pada saat waktu 75 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1113 pada saat waktu 125 s.



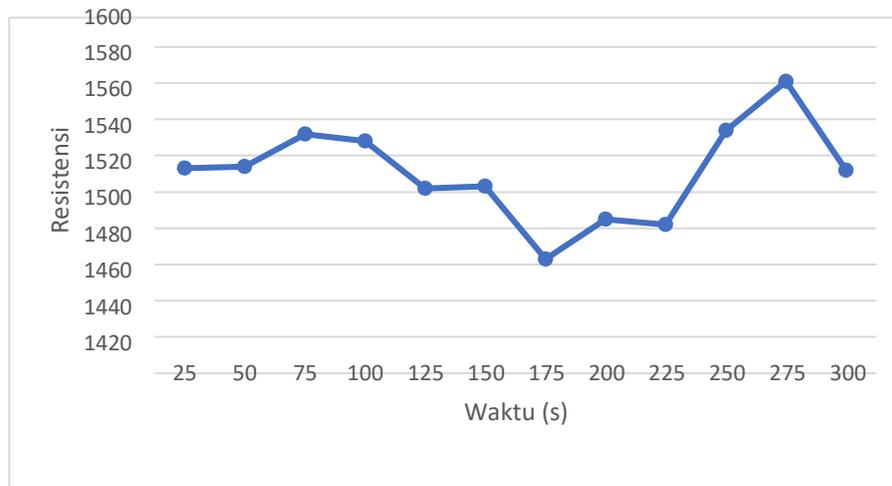
Gambar 4.22. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1590 pada saat waktu 200 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1179 pada saat waktu 250 s.



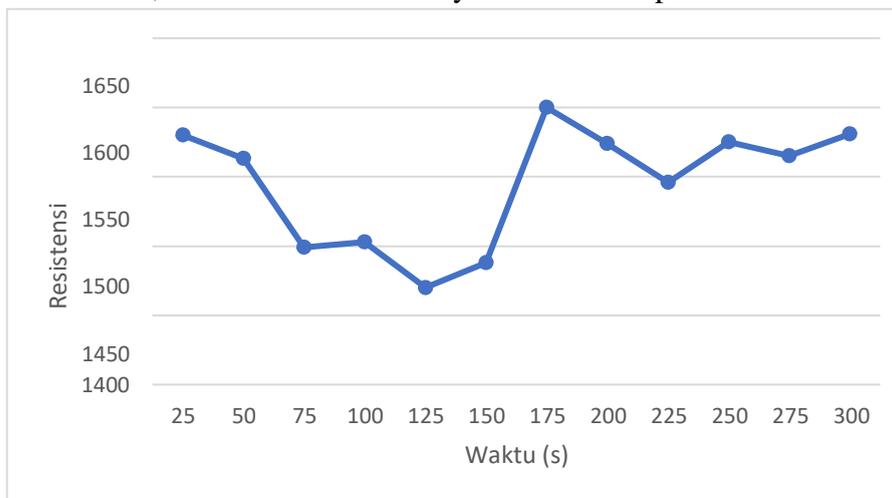
Gambar 4.23. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1595 pada saat waktu 25 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1474 pada saat waktu 250 s.



Gambar 4.24. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1581 pada saat waktu 275 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1483 pada saat waktu 175 s.



Gambar 4.25. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 1 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 1 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1600 pada saat waktu 175 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1470 pada saat waktu 125 s.

4.2.1.3. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 2 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.26. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	1932
2	1903
3	1936
4	1916
5	1599
6	1911
7	1901
8	1914
9	1911
10	1957
11	1942
12	1942

Tabel 4.27. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	1931
2	1960
3	1955
4	1967
5	1915
6	1904
7	1873
8	1891
9	1899
10	1922
11	1936
12	1909

Tabel 4.28. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	1920
2	1914
3	1898
4	1907
5	1926
6	1913
7	1899
8	1899
9	1895
10	1921
11	1936
12	1949

Tabel 4.29. Percobaan 4

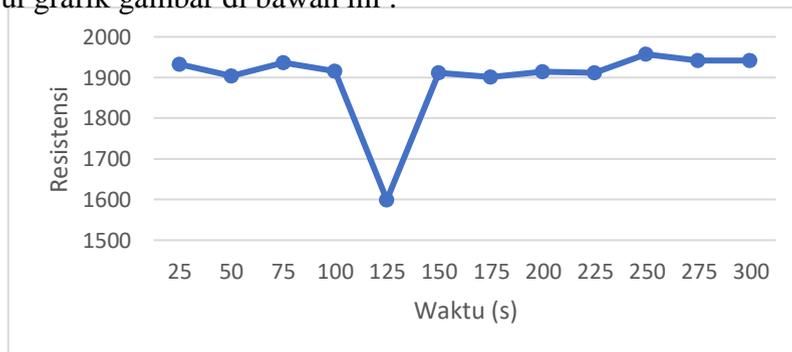
No	Nilai Resistensi
1	1899
2	1962
3	1931
4	1931
5	1895
6	1901
7	1870
8	1849
9	1850
10	1858
11	1873
12	1900

Tabel 4.30. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	1872
2	1879
3	1876
4	1888
5	1887
6	1873
7	1891
8	1872
9	1877
10	1899
11	1872
12	1890

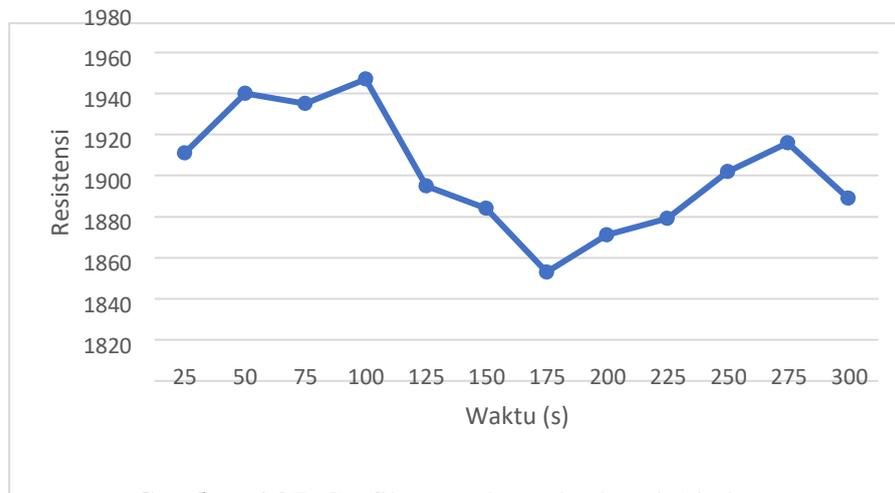
4.2.1.4. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 2 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



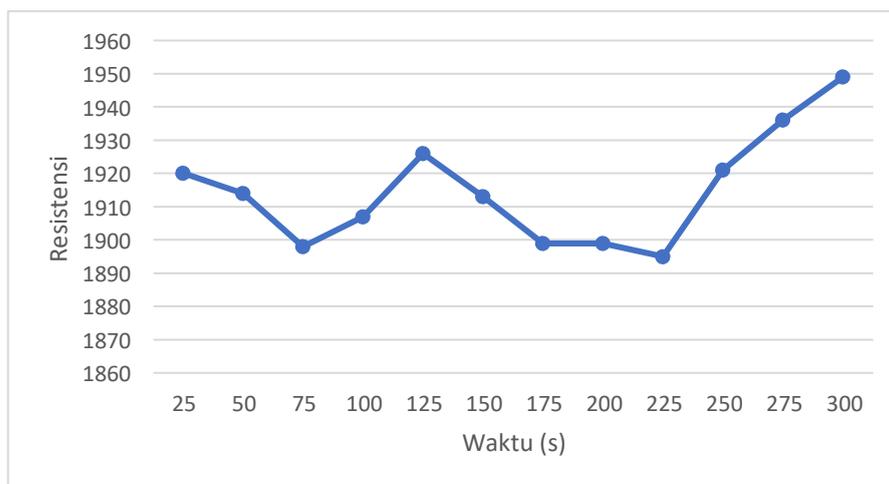
Gambar 4.26. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1957 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1599 pada saat waktu 125 s.



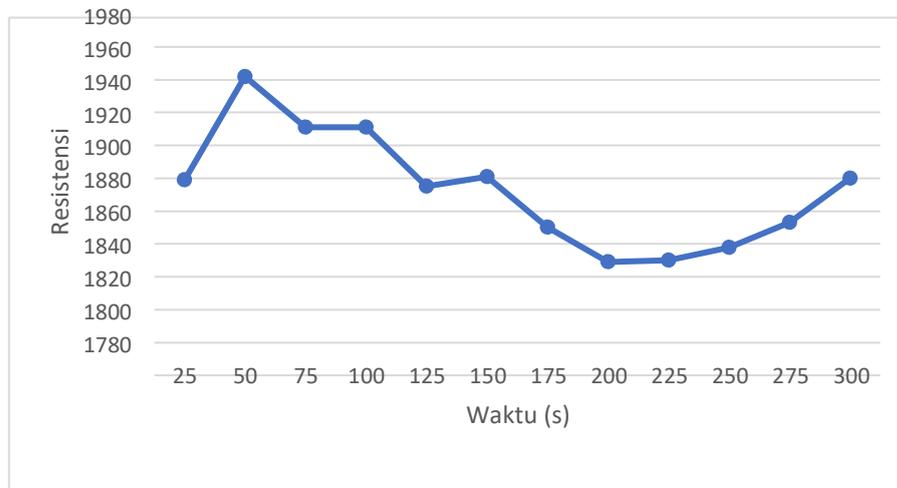
Gambar 4.27. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1967 pada saat waktu 100 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1873 pada saat waktu 175 s.



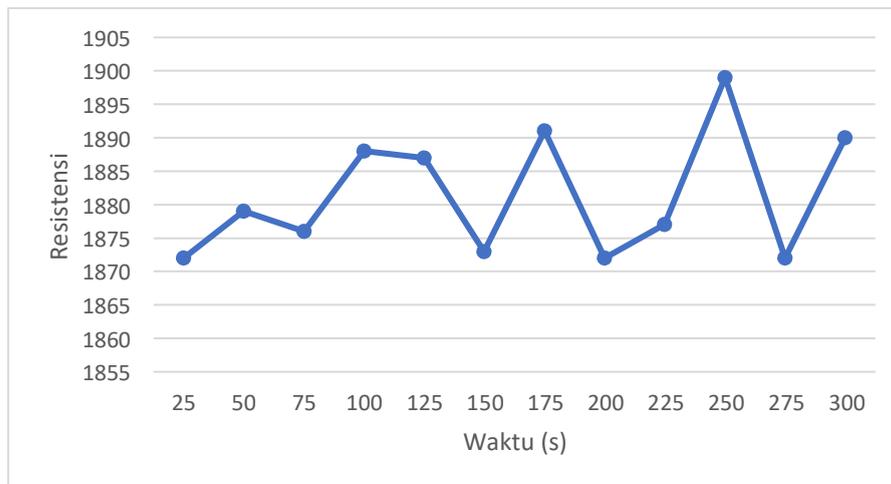
Gambar 4.28. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1949 pada saat waktu 300 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1895 pada saat waktu 225 s.



Gambar 4.29. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1962 pada saat waktu 50 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1849 pada saat waktu 200 s.



Gambar 4.30. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 2 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 2 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 1899 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1872 pada saat waktu 25 s.

4.2.1.5. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 2 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.31. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	2201
2	2193
3	1819
4	2163
5	1778
6	2161
7	1763
8	2133
9	2127
10	2117
11	2110
12	2106

Tabel 4.32. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	2085
2	2021
3	2064
4	2045
5	2089
6	2057
7	2023
8	2006
9	2007
10	2023
11	2012
12	2000

Tabel 4.33. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	2015
2	2032
3	2013
4	2005
5	2013
6	2039
7	2064
8	2032
9	2032
10	2031
11	2012
12	2007

Tabel 4.34. Percobaan 4

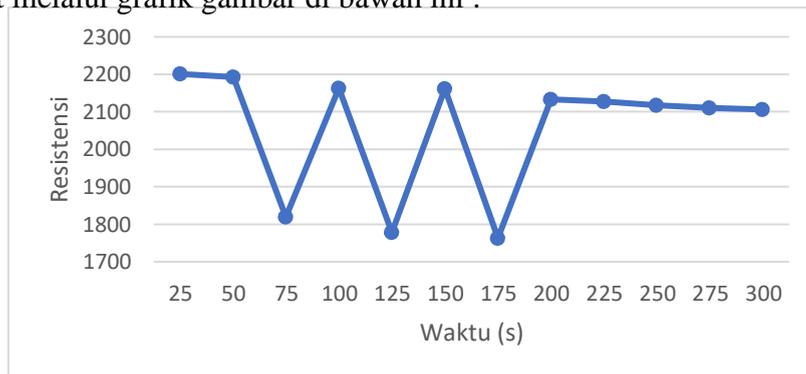
No	Nilai Resistensi
1	2000
2	2023
3	2010
4	1983
5	1994
6	2001
7	2009
8	2019
9	2006
10	2030
11	1987
12	2019

Tabel 4.35. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	2017
2	2022
3	2007
4	2011
5	2007
6	2010
7	2001
8	2023
9	2000
10	2055
11	1989
12	2027

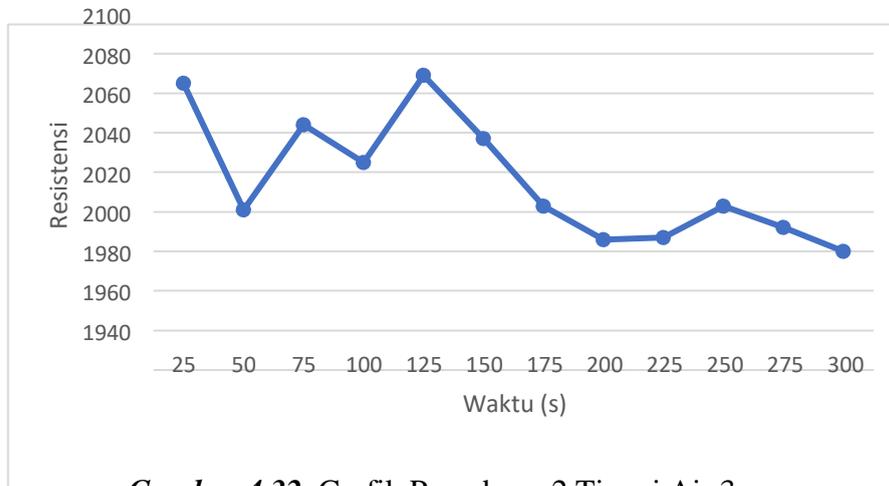
4.2.1.6. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 3 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



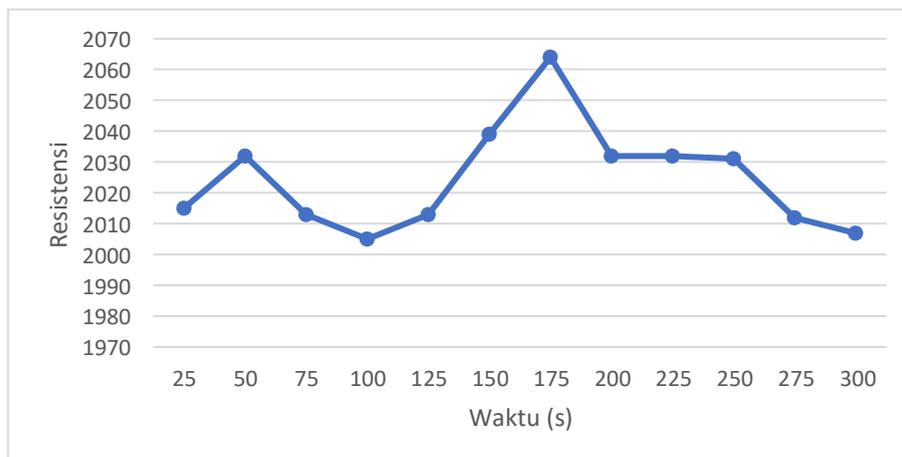
Gambar 4.31. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2163 pada saat waktu 100 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1763 pada saat waktu 175 s.



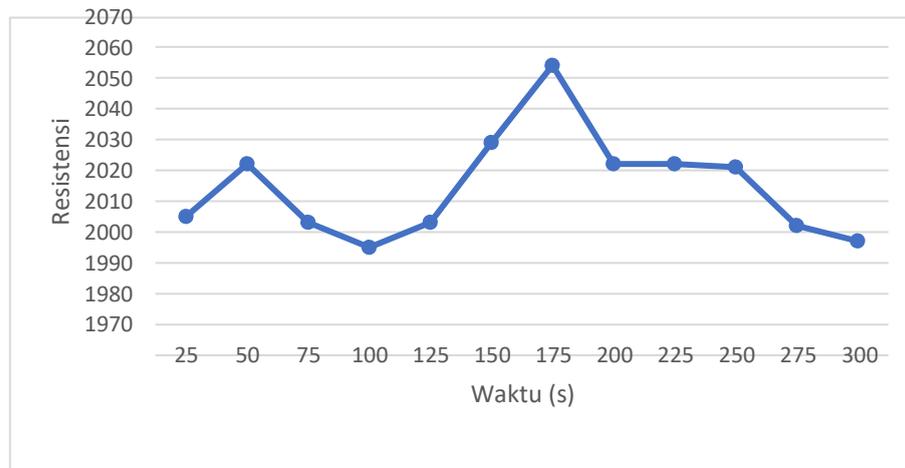
Gambar 4.32. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2089 pada saat waktu 125 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 2000 pada saat waktu 300 s.



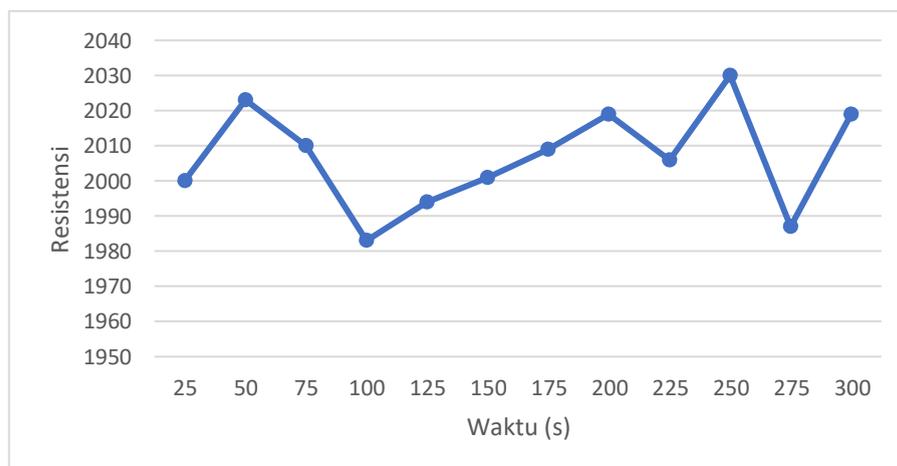
Gambar 4.33. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2064 pada saat waktu 175 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 2005 pada saat waktu 100 s.



Gambar 4.34. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2030 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1983 pada saat waktu 100 s.



Gambar 4.35. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 3 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 3 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2055 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1989 pada saat waktu 275 s.

4.2.1.7. HASIL PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM

Hasil percobaan ESP mesh menggunakan 1 water level sensor dibagi menjadi 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 3 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari percobaan 1,2,3,4 dan 5 menggunakan 1 sensor water level.

Tabel 4.36. Percobaan 1

No	Nilai Resistensi
1	2151
2	2147
3	2128
4	2144
5	1772
6	2157
7	1773
8	2146
9	2130
10	2162
11	2122
12	2128

Tabel 4.37. Percobaan 2

No	Nilai Resistensi
1	2126
2	2103
3	2123
4	2142
5	2154
6	2173
7	2173
8	2159
9	2139
10	2139
11	2117
12	2046

Tabel 4.38. Percobaan 3

No	Nilai Resistensi
1	2106
2	2112
3	2107
4	2109
5	2127
6	2115
7	2128
8	2079
9	2091
10	2222
11	2202
12	2205

Tabel 4.39. Percobaan 4

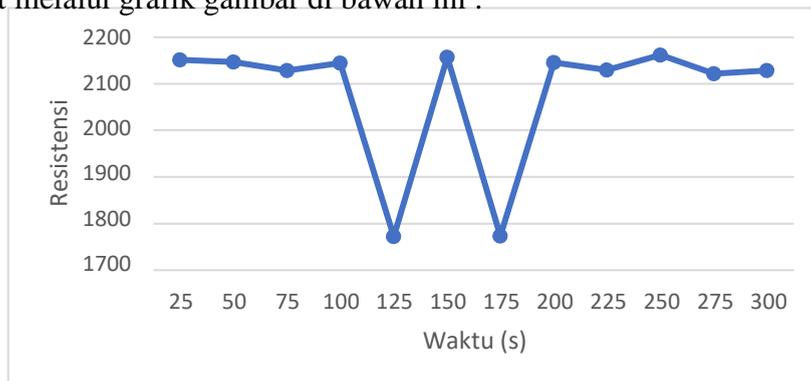
No	Nilai Resistensi
1	2138
2	2125
3	2112
4	2132
5	2131
6	2141
7	2119
8	2137
9	2128
10	2119
11	2097
12	2090

Tabel 4.40. Percobaan 5

No	Nilai Resistensi
1	2082
2	2131
3	2097
4	2109
5	2103
6	2096
7	2096
8	2093
9	2089
10	2096
11	2099
12	2100

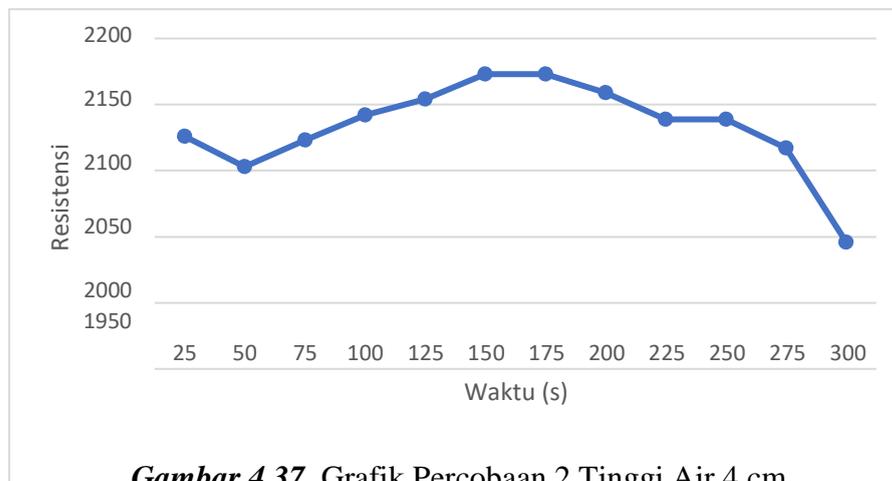
4.2.1.8. GRAFIK PERCOBAAN DENGAN TINGGI AIR 4 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah hasil tertinggi dan terendah dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



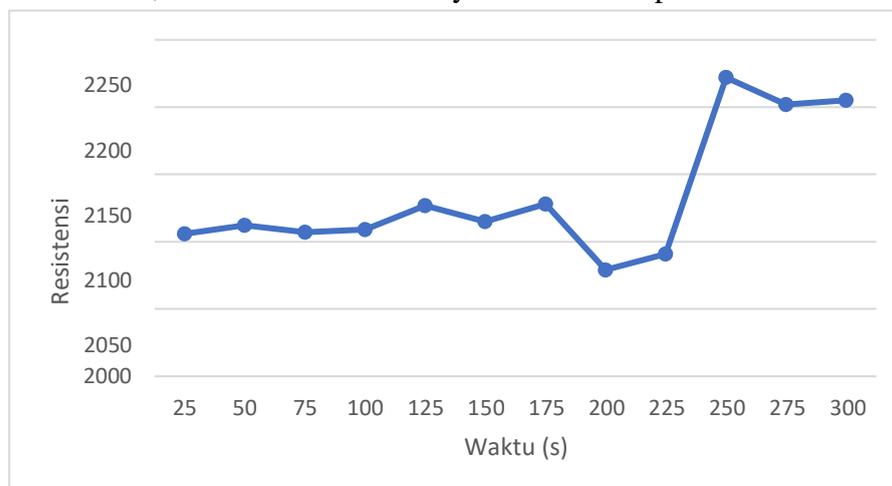
Gambar 4.36. Grafik Percobaan 1 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 1 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2162 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 1772 pada saat waktu 125 s.



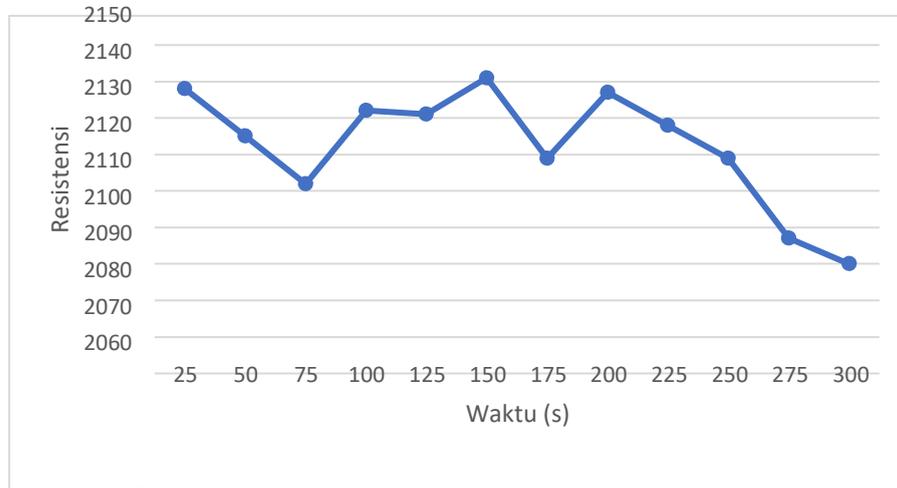
Gambar 4.37. Grafik Percobaan 2 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 2 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2173 pada saat waktu 150 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 2046 pada saat waktu 300 s.



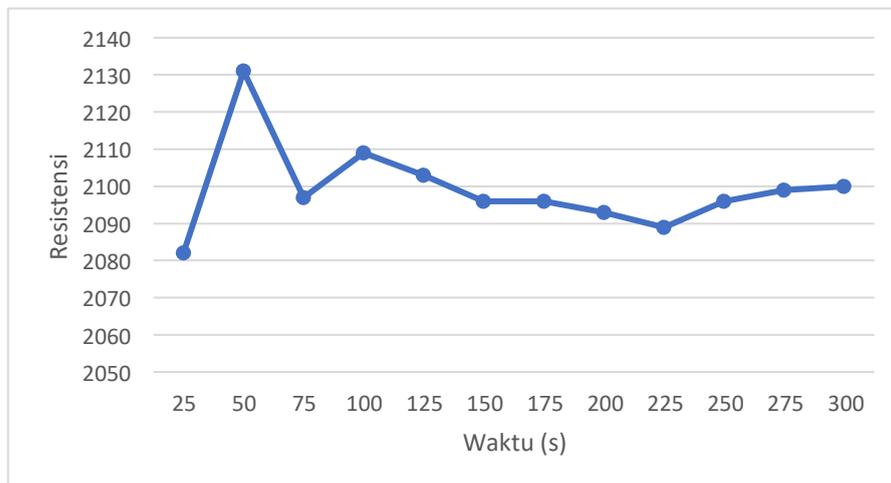
Gambar 4.38. Grafik Percobaan 3 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 3 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2222 pada saat waktu 250 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 2079 pada saat waktu 200 s.



Gambar 4.39. Grafik Percobaan 4 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 4 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2141 pada saat waktu 150 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 2090 pada saat waktu 300 s.



Gambar 4.40. Grafik Percobaan 5 Tinggi Air 4 cm

Percobaan 5 dengan tinggi air 4 cm dilakukan dengan waktu 5 menit. Pada 5 menit ini didapat lah nilai resistensi hasil tertinggi dan terendah dari percobaan yang dilakukan. Dilihat dari tabel dan grafik diatas maka hasil tertinggi nya adalah 2131 pada saat waktu 50 s. Sementara itu, untuk hasil terendah nya adalah 2082 pada saat waktu 25 s.

4.3. ANALISA *QUALITY OF SERVICE* DENGAN PARAMETER UJI (*DELAY, PACKET LOSS DAN THROUGHPUT*)

Parameter uji penelitian yang digunakan yaitu parameter yang menunjukkan kualitas jaringan pada saat pengambilan data dilakukan. Parameter – parameter uji pada penelitian ini adalah *delay*, *packet loss* dan *throughput*.

a. Delay

Delay merupakan banyak sebuah paket data yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan. Semakin nilai delay, semakin buruk kualitas jaringan. Untuk mengurangi tingginya nilai delay, dibutuhkan ke-stabilan jaringan dan bandwidth yang memadai. Adapun formula yang digunakan untuk mengetahui nilai delay ditunjukkan pada formula (1).

b. Packet Loss

Packet Loss adalah banyaknya paket data yang tidak terkirim ke tujuan yang disebabkan beberapa faktor seperti padatnya kondisi jaringan dan tingginya nilai delay pada jaringan. Adapun formula yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai packet loss ditunjukkan pada formula (2).

c. Throughput

Throughput adalah besaran kecepatan data dalam mengirim paket data. Throughput umumnya ditulis dalam satuan Bits per second (Bps) atau Kilobyte per second (KBps). Adapun formula yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai throughput ditunjukkan pada formula (3).

4.3.1. PENGUJIAN *QUALITY OF SERVICE* SAAT KONDISI *LINE OF SIGHT (LOS)*

Bagian ini penulis melakukan pengujian Quality of Service (QoS) pada saat *line of sight*. Pada pengujian ini diuji sebanyak 3 kali yaitu dengan jarak 30,45, dan 60 cm. Setiap pengujian dilakukan dengan 5 kali percobaan dimana setiap percobaan akan memakai waktu selama 20 menit untuk menguji QoS pada kondisi LoS.

4.3.1.1. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM

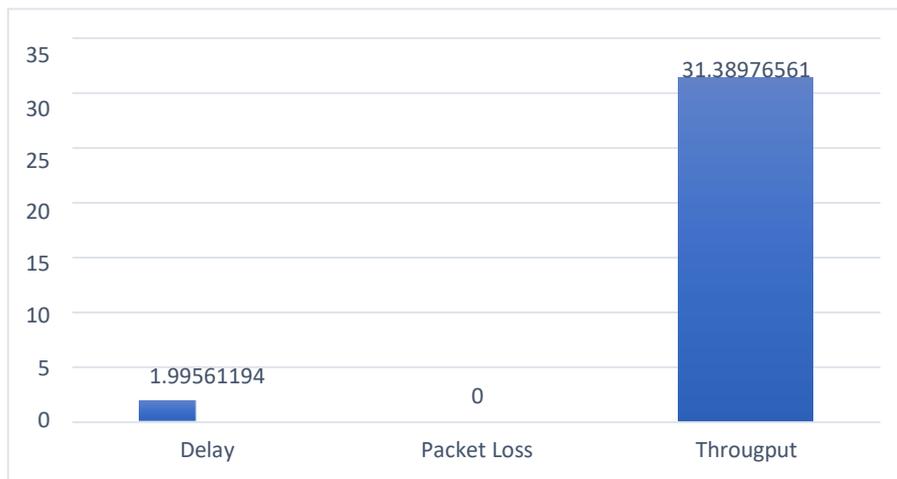
Hasil pengujian pada pengukuran 30 cm dengan 5 percobaan. Setiap percobaan memakai waktu 20 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari 5 kali percobaan.

Tabel 4.41. Hasil pengujian pada pengukuran 30 cm

Nomor Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1	1.996	0	31.38
2	2.719	0	22.90
3	2.928	0	21.29
4	3.703	0	16.90
5	2.465	0	25.32

4.3.1.1.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Dibawah ini merupakan grafik dari percobaan yang dilakukan.



Gambar 4.41. Percobaan 1 LoS

Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 30 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 1,99561994 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 31,38976561 ~~66666666~~

4.3.1.2. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM

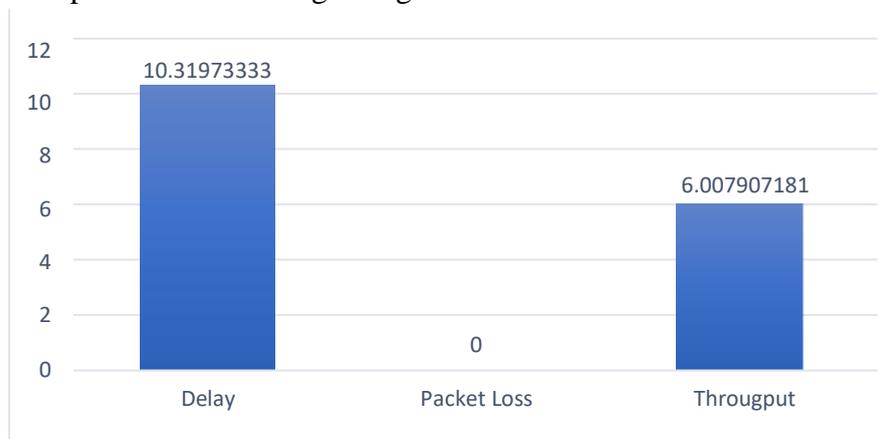
Hasil pengujian pada pengukuran 45 cm dengan 5 percobaan. Setiap percobaan memakai waktu 20 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari 5 kali percobaan.

Tabel 4.42. Hasil pengujian pada pengukuran 45 cm

Nomor Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1	10.32	0	6.007
2	1.44	0	44.04
3	5.12	0	12.14
4	2.56	0	24.31
5	2.71	0	22.95

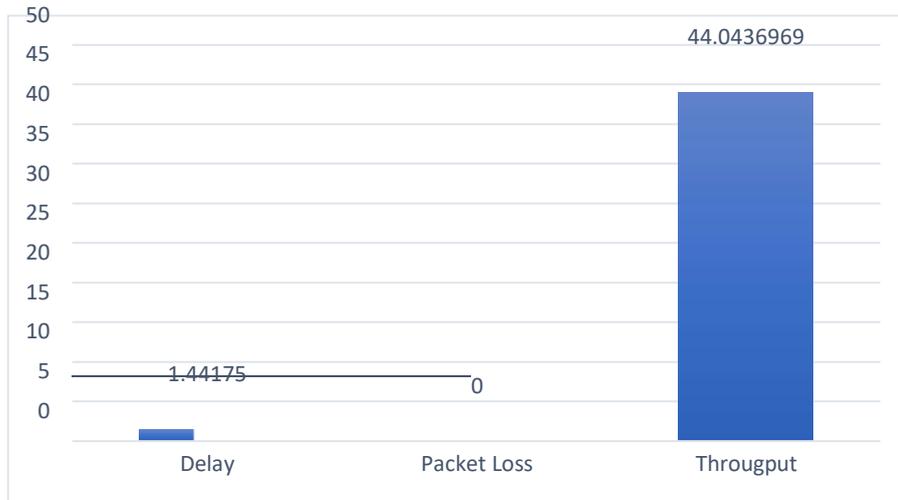
4.3.1.2.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah *delay*, *packet loss*, dan *throughput* dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



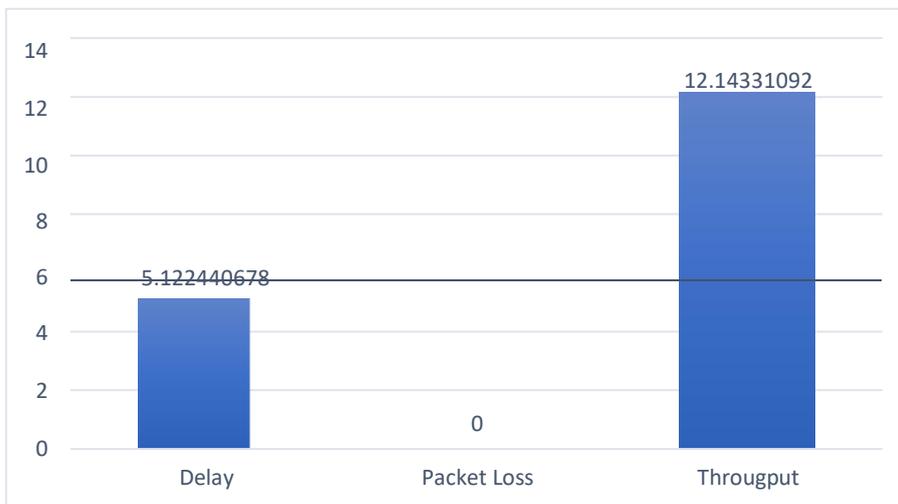
Gambar 4.46. Percobaan 1 LoS

Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 10,31973333 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 6,007907181 ~~6007~~



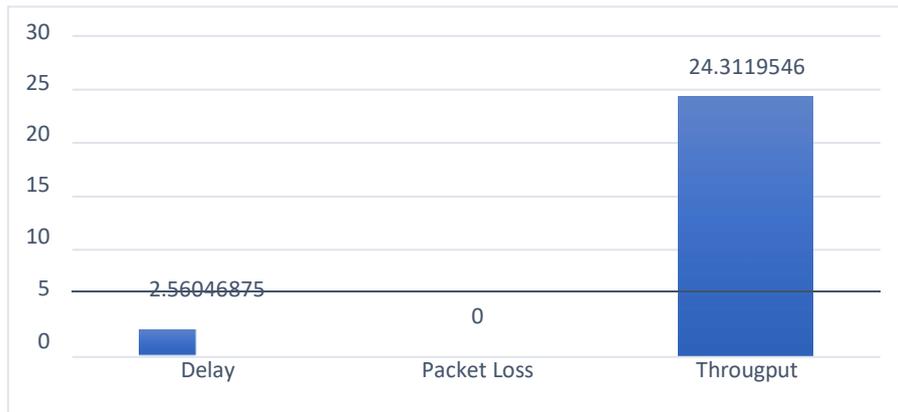
Gambar 4.47. Percobaan 2 LoS

Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 1,44175 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 44,0436969 



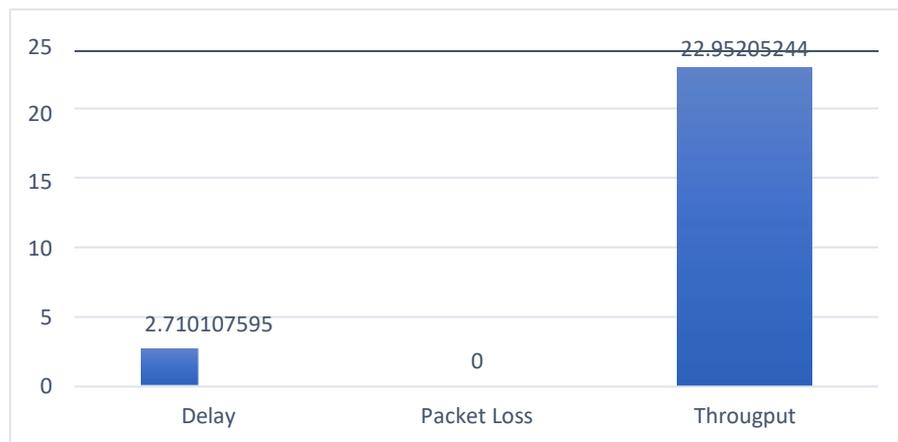
Gambar 4.48. Percobaan 3 LoS

Percobaan 3 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,122440678s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 12,14331092 



Gambar 4.49. Percobaan 4 LoS

Percobaan 4 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 2,56046875 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 24,3119546 ~~6666/2/2~~



Gambar 4.50. Percobaan 5 LoS

Percobaan 5 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 2,710107595 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 22,95205244 ~~6666/2/2~~

4.3.1.3. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM

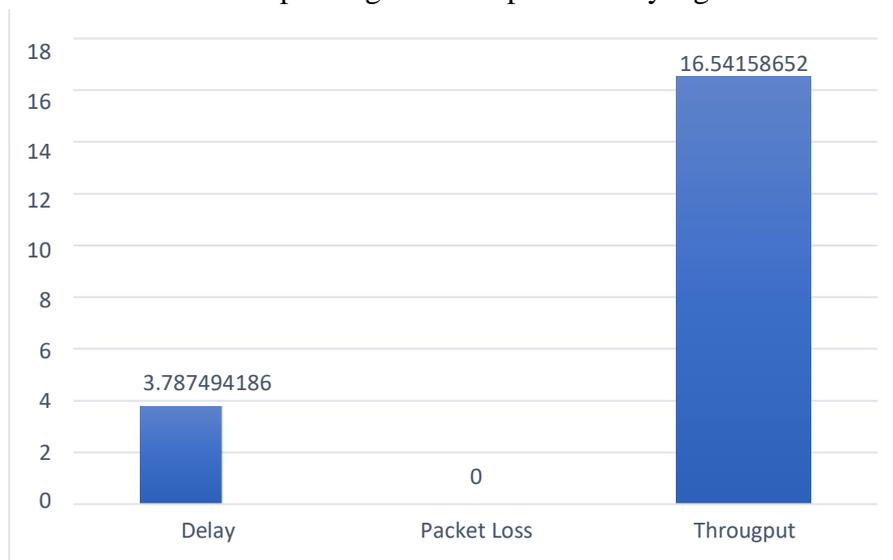
Hasil pengujian pada pengukuran 60 cm dengan 5 percobaan. Untuk setiap percobaan memakai waktu 20 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari 5 kali percobaan.

Tabel 4.43. Hasil pengujian pada pengukuran 60 cm

Nomor Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1	3.787	0	16.54
2	7.503	0	8.29
3	7.8	0	8.015
4	2.519	0	24.77
5	5.812	0	10.69

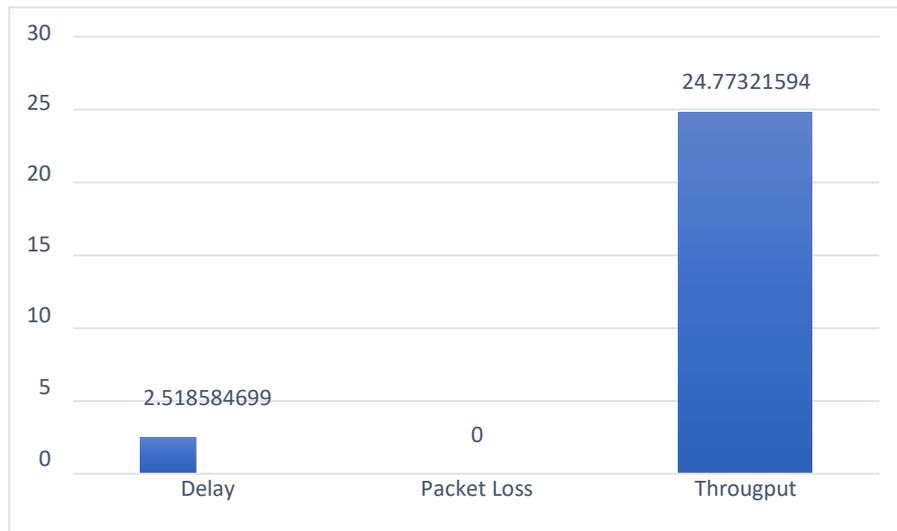
4.3.1.3.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Dibawah ini merupakan grafik dari percobaan yang dilakukan.



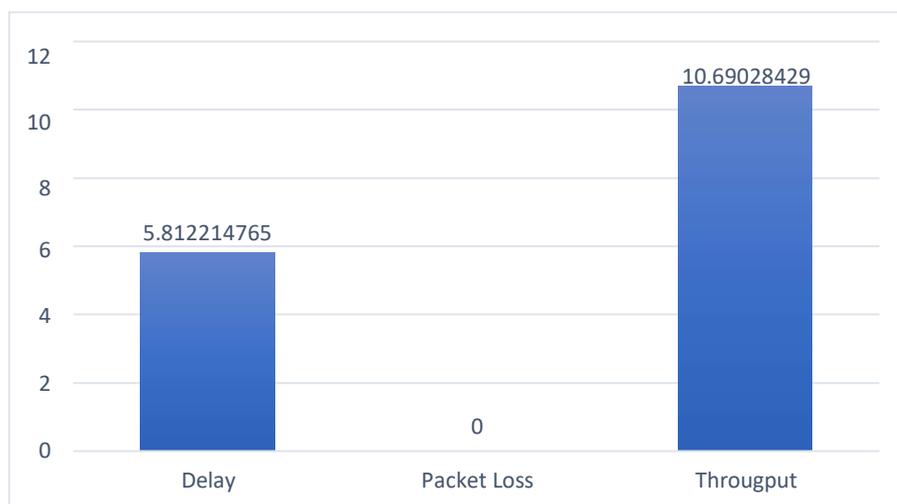
Gambar 4.51. Percobaan 1 LoS

Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 3,797494186 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 16,54158652 ~~66666~~



Gambar 4.54. Percobaan 4 LoS

Percobaan 4 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 2,518584699 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 24,77311594 ~~66002~~



Gambar 4.55. Percobaan 5 LoS

Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *line of sight* (*LoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,812214765 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 10,69028429 ~~66002~~

4.3.2 PENGUJIAN QUALITY OF SERVICE SAAT KONDISI *NON-LINE OF SIGHT (NLOS)*

Pada bagian ini penulis melakukan pengujian Quality of Service (QoS) saat kondisi *non-line of sight*. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali yaitu dengan jarak 30, 45, dan 60 cm. Setiap pengujian dilakukan dengan 5 kali percobaan dimana setiap percobaan akan memakai waktu selama 20 menit untuk menguji QoS pada kondisi NLoS.

4.3.2.1. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM

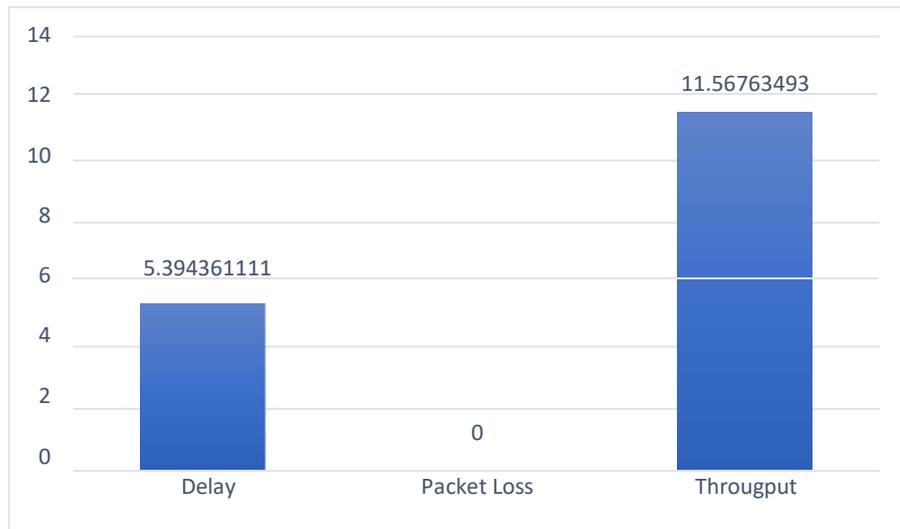
Hasil pengujian pada pengukuran 30 cm dengan 5 percobaan. Setiap percobaan memakai waktu 20 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari 5 kali percobaan.

Tabel 4.44. Hasil pengujian pada pengukuran 30 cm

Nomor Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1	5.137	0	12.13
2	5.591	0	11.22
3	5.394	0	11.56
4	6.344	0	9.81
5	5.812	0	7.74

4.3.2.1.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 30 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Dibawah ini merupakan grafik dari percobaan yang dilakukan.



Gambar 4.58. Percobaan 3 NLoS

Percobaan 3 dilakukan pengukuran dengan jarak 30 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,394361111 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 11,56763493 ~~666666~~



Gambar 4.59. Percobaan 4 NLoS

Percobaan 4 dilakukan pengukuran dengan jarak 30 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss*

dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 6,344382199 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 9,818638248



Gambar 4.60. Percobaan 5 NLoS

Percobaan 5 dilakukan pengukuran dengan jarak 30 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 8,065029762 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 7,74950643

4.3.3.2. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM

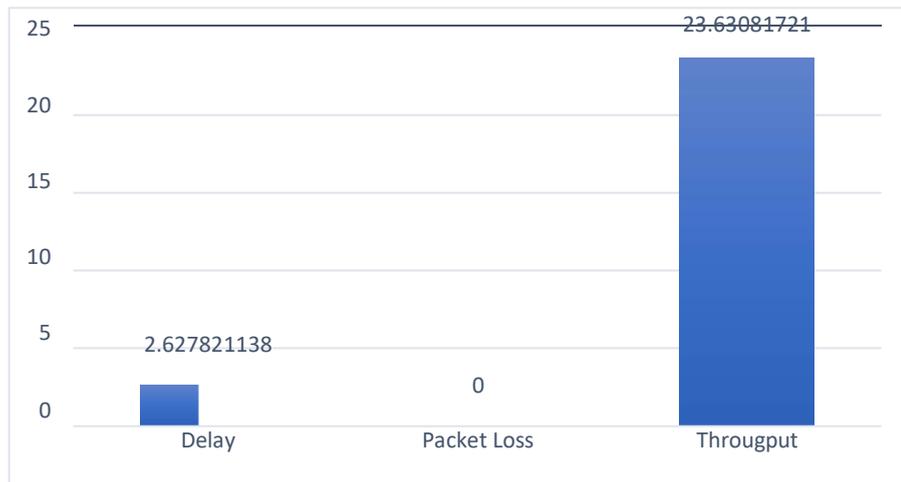
Hasil pengujian pada pengukuran 45 cm dengan 5 percobaan. Setiap percobaan memakai waktu 20 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari 5 kali percobaan.

Tabel 4.45. Hasil pengujian pada pengukuran 45 cm

Nomor Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1	2.62	0	23.63
2	5.5	0	11.27
3	5.5	0	11.27
4	8.054	0	7.72
5	5.65	0	10.94

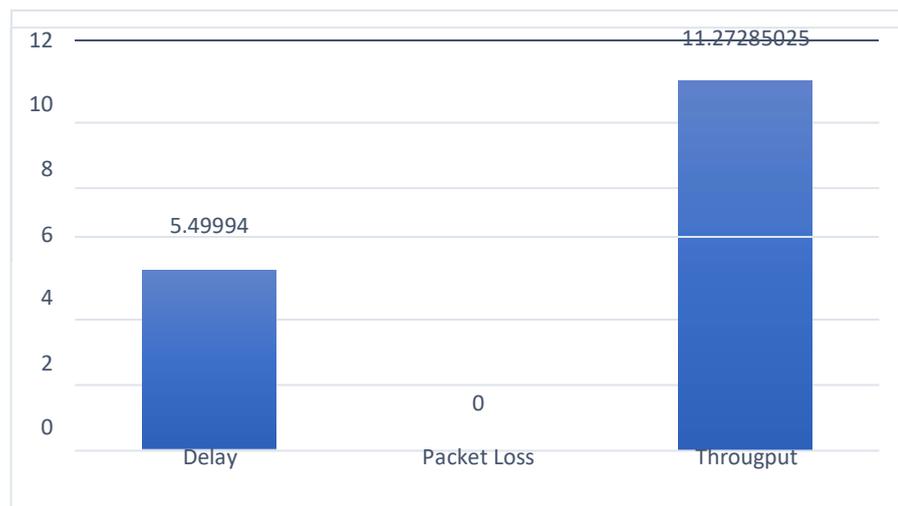
4.3.2.2.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 45 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Dibawah ini merupakan grafik dari percobaan yang dilakukan.



Gambar 4.61. Percobaan 1 NLoS

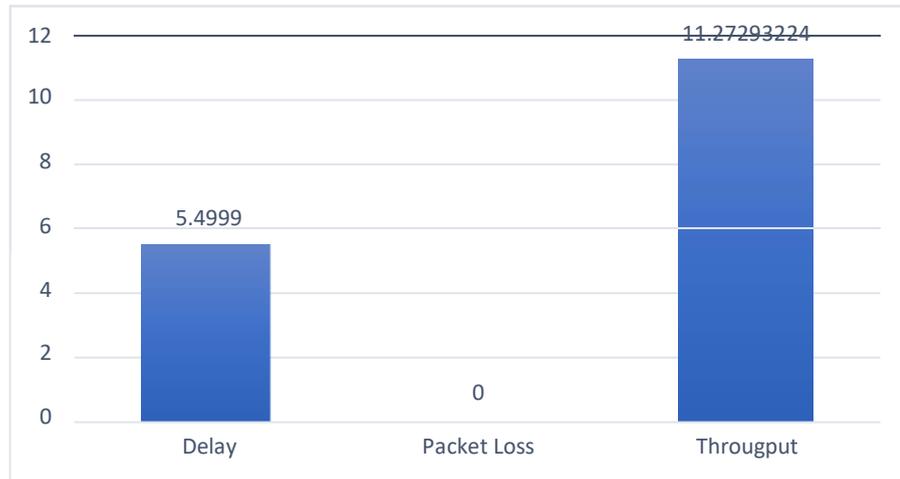
Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *non-line of sight* (*NLoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 2,627821138 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 23,63081721 ~~66666666~~



Gambar 4.62. Percobaan 2 NLoS

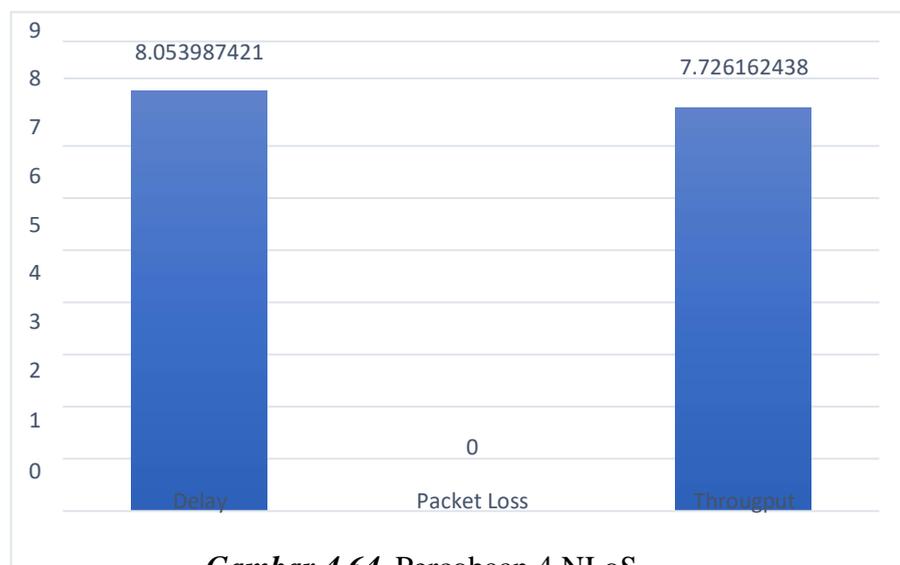
Percobaan 2 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *non-line of sight* (*NLoS*). Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss*

dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,49994 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 11,27285025 ~~66666666~~



Gambar 4.63. Percobaan 3 NLoS

Percobaan 3 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,4999 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 11,27293224 ~~66666666~~



Gambar 4.64. Percobaan 4 NLoS

Percobaan 4 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss*

dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 8,053987421 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 7,726162438



Gambar 4.65. Percobaan 5 NLoS

Percobaan 5 dilakukan pengukuran dengan jarak 45 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,656277778 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 10,94653924

4.3.3.3. PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM

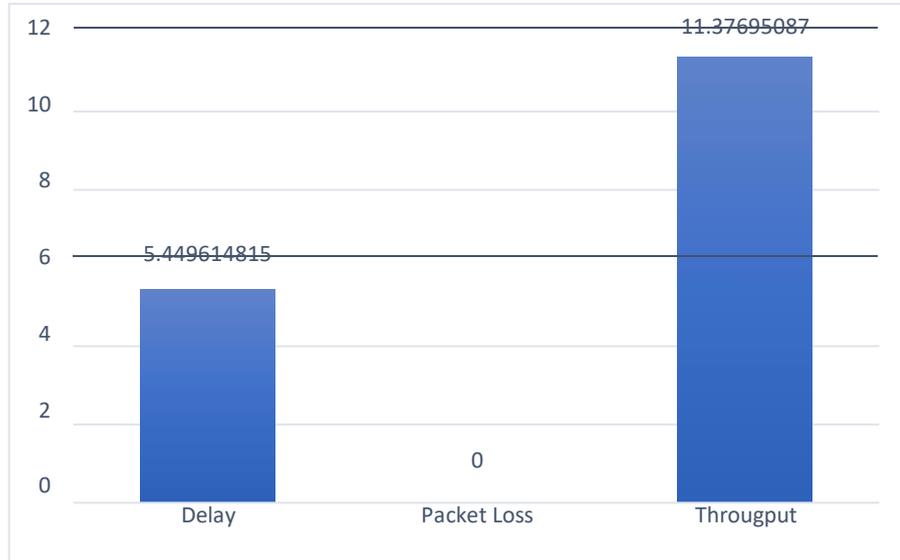
Hasil pengujian pada pengukuran 60 cm dengan 5 percobaan. Setiap percobaan memakai waktu 20 menit dan tinggi air setinggi 4 cm. Berikut merupakan tabel hasil dari 5 kali percobaan

Tabel 4.46. Hasil pengujian pada pengukuran 60 cm

Nomor Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1	5.45	0	11.37
2	13.9	0	4.53
3	8.28	0	7.49
4	5.50	0	11.27
5	5.50	0	11.25

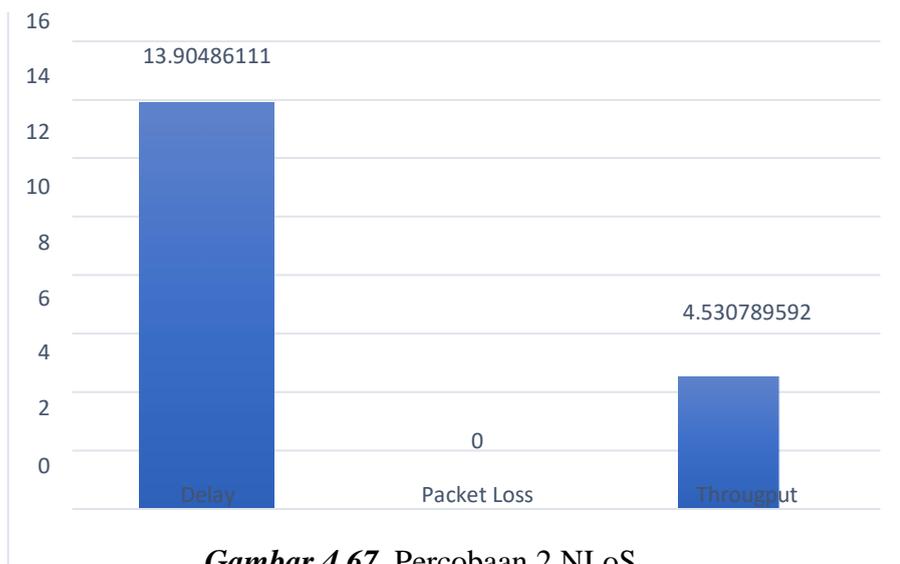
4.3.3.2.1. GRAFIK PENGUJIAN PADA PENGUKURAN 60 CM

Berdasarkan percobaan diatas, maka terdapat lah *delay*, *packet loss*, dan *throughput* dapat dilihat melalui grafik gambar di bawah ini :



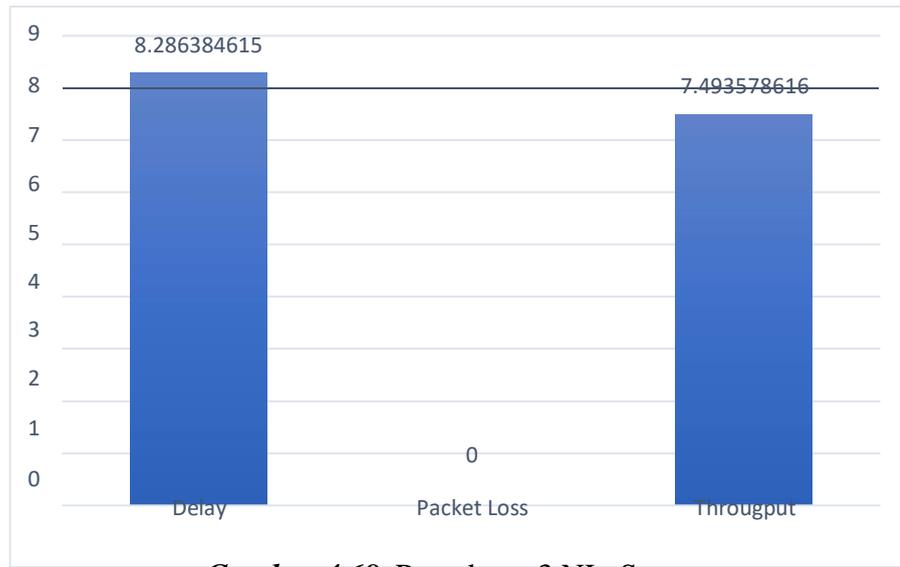
Gambar 4.66. Percobaan 1 NLoS

Percobaan 1 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,449614815 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 11,37695087



Gambar 4.67. Percobaan 2 NLoS

Percobaan 2 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 13,90486111 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 4,530789592 ~~6600/2~~



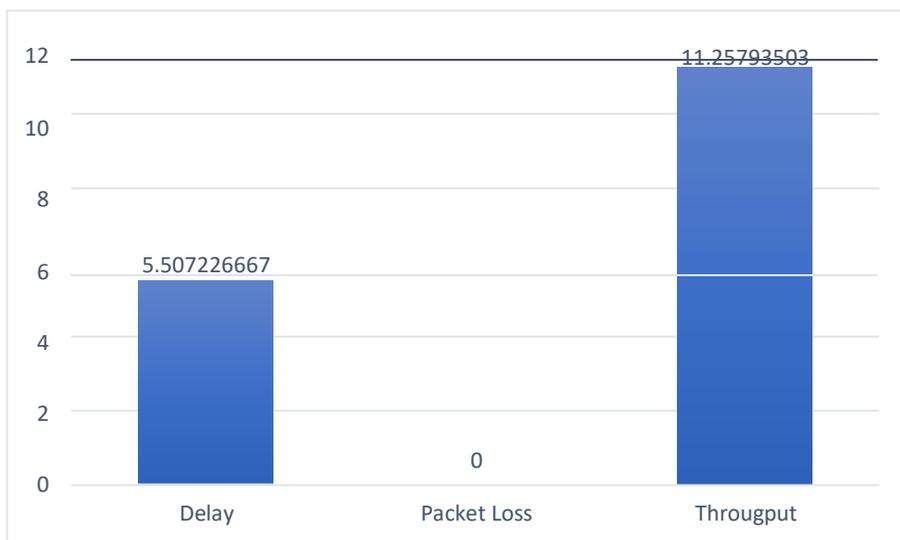
Gambar 4.68. Percobaan 3 NLoS

Percobaan 3 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 8,286384615 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 7,493578616 ~~6600/2~~



Gambar 4.69. Percobaan 4 NLoS

Percobaan 4 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,500886667 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 11,27091027 ~~6666666666~~



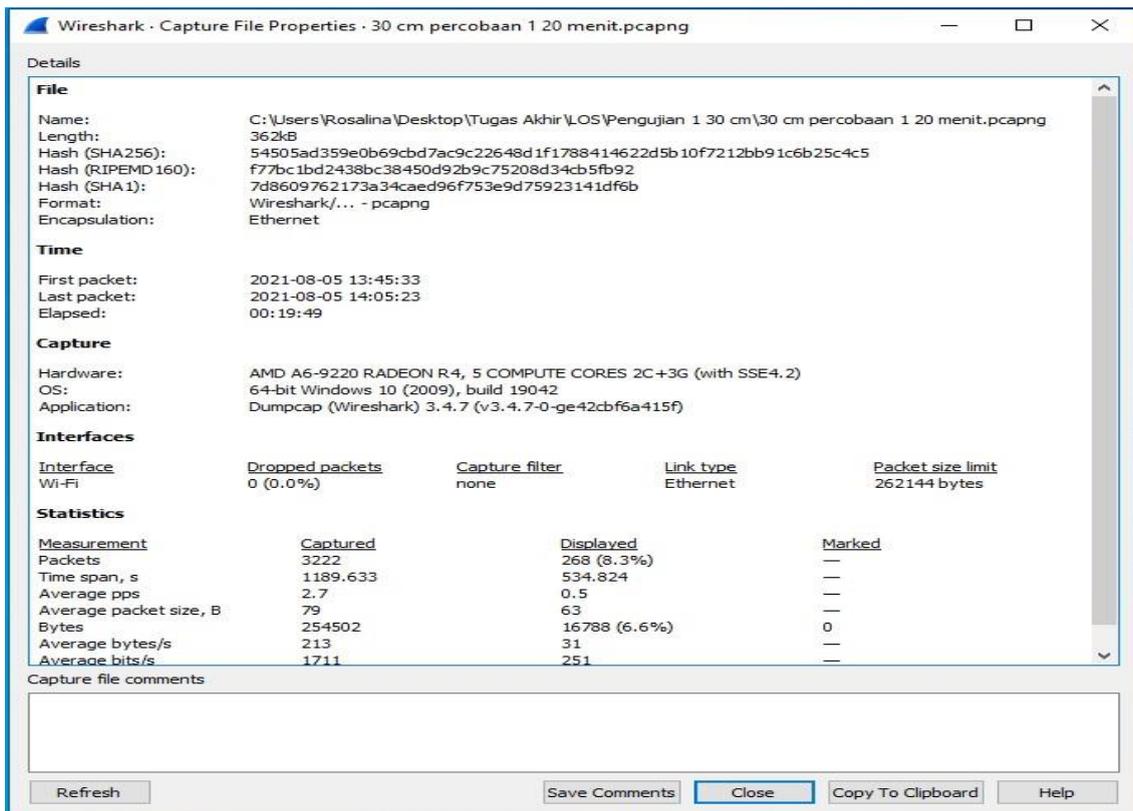
Gambar 4.70. Percobaan 5 NLoS

Percobaan 5 dilakukan pengukuran dengan jarak 60 cm pada saat kondisi *non-line of sight (NLoS)*. Dari pengukuran tersebut didapatkan hasil berupa *delay*, *packet loss* dan *throughput*. Untuk nilai *delay* adalah 5,507226667 s, *packet loss* adalah 0 % dan *throughput* adalah 11,25793503 ~~6666666666~~

4.4. PERHITUNGAN QUALITY OF SERVICE SAAT LOS DAN NLOS

Hasil Percobaan QoS pada saat LoS dan NLoS telah dilakukan. Setelah data diambil dapat dihitung nilai delay, packet loss dan throughput. Adapun sample perhitungan dari pengujian yang dilakukan baik dalam kondisi LoS maupun NLoS adalah sebagai berikut.

4.4.1. HASIL PENGUJIAN PARAMETER QOS DENGAN WIRESHARK PADA SAAT KONDISI LOS



Gambar 4.71. Capture data Quality of Service (QoS) dengan Wireshark pada saat kondisi LoS

Berikut perhitungan QoS pada saat kondisi LoS berdasarkan pengambilan data menggunakan wireshark:

Pengujian QoS pada kondisi LoS (30 cm)

a. Delay

$$\begin{array}{r}
 W \text{ } \text{[Packets]} \\
 \text{---} \\
 \text{[Packets]} \\
 \hline
 535 \\
 368
 \end{array}$$

$$1996 = 1,996$$

b. Packet Loss

$$\begin{aligned} & \text{Packet Loss (\%)} \\ &= \frac{|\text{Sent} - |\text{Received}|}{|\text{Sent}|} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Packet Loss (\%)} = \frac{268 - 268}{268} \times 100\%$$

$$\text{Packet Loss} = 0\%$$

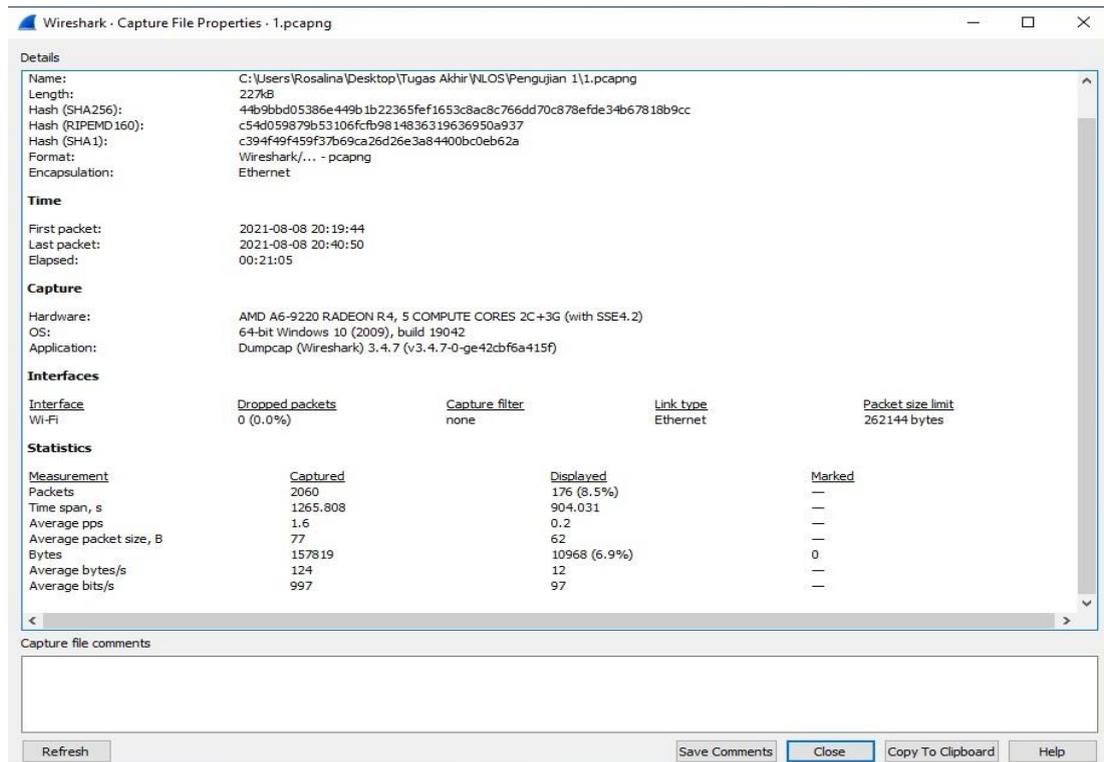
c. Throughput

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Total Bytes Received}}{W \times \text{Time}}$$

$$\text{Throughput} = \frac{16788}{535}$$

$$\text{Throughput} = 31,389677$$

4.4.2. HASIL PENGUJIAN PARAMETER QOS DENGAN WIRESHARK PADA SAAT KONDISI NLOS



Gambar 4.72. Capture data untuk Quality of Service (QoS) dengan Wireshark pada saat kondisi NLoS

Berikut perhitungan QoS pada saat kondisi LoS berdasarkan pengambilan data menggunakan wireshark:

Pengujian QoS pada kondisi NLoS (30 cm)

a. *Delay*

$$W = 176$$

$$L = \frac{904,03}{176}$$

$$L = 5,13654$$

b. *Packet Loss*

$$L(\%) = \frac{176 - 176}{176} \times 100\%$$

$$L(\%) = 0\%$$

c. *Throughput*

$$T = \frac{10968}{904,03}$$

$$T = 12,13233$$

4.5. ANALISA PERBANDINGAN QOS KONDISI LOS DAN NLOS

Pada analisa ini terdapat 2 perbandingan yaitu pada saat QoS kondisi LoS dan NLoS. Analisa perbandingan dilakukan dengan mencari nilai rata – rata dari setiap percobaan yang dilakukan. Setelah semua di analisa dari setiap QoS yaitu *delay* , *packet loss* dan *throughput* maka terdapatlah rata – rata dari masing – masing QoS tersebut.

4.5.1. ANALISA PERBANDINGAN QoS KONDISI LOS DAN NLOS PERCOBAAN 1

Berikut adalah Analisa perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS pada percobaan 1 yaitu dengan mencari nilai rata-rata dari setiap percobaan yang dilakukan.

Tabel 4.47. Hasil Percobaan 1 pada saat kondisi LoS

Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
1 (30 cm)	1.99561194	0	31.38976561
	2.718724138	0	22.9062821
	2.928278788	0	21.29702835
	3.702590909	0	16.90462453
	2.46487027	0	25.32889182

Berikut nilai rata – rata *delay*, *packet loss* dan *throughput* pada percobaan 1 LoS berdasarkan tabel di atas :

1. *Delay*

2.762015209 s

2. *Packet loss*

0 %

3. *Throughput*

23.56531848 bytes/s

Tabel 4.48. Hasil percobaan 1 pada saat kondisi NLoS

Percobaan 1	Delay	Packet Loss	Throughput
1	5.136539773	0	12.13232732
	5.591484277	0	11.22326629
	5.394361111	0	11.56763493
	6.344382199	0	9.818638248
	8.065029762	0	7.74950643

Berikut nilai rata – rata *delay*, *packet loss* dan *throughput* pada percobaan 1 NLoS berdasarkan tabel di atas :

1. *Delay*

6.106359424 s

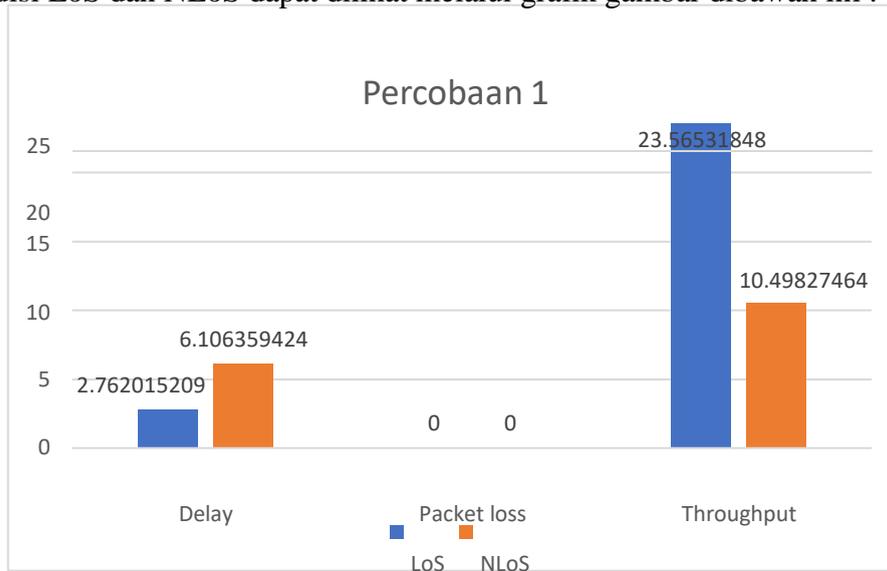
2. *Packet loss*

0 %

3. *Throughput*

10.49827464 bytes/s

Berdasarkan tabel diatas maka perbandingan antara delay dan throughput pada saat kondisi LoS dan NLoS dapat dilihat melalui grafik gambar dibawah ini :



Gambar 4.73. Perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS Percobaan 1

Berdasarkan hasil dari percobaan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS maka, hasil yang didapat adalah rata-rata dari *delay* untuk LoS yaitu 2,76 s sedangkan NLoS yaitu 6,10 s yang mana artinya semakin besar delay maka semakin buruk pula kualitas layanan.

Untuk rata-rata *throughput* masing-masing setiap kondisi adalah 23,56531848 bytes/s pada saat kondisi LoS dan 10,49827464 bytes/s pada saat kondisi NLoS. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya throughput adalah banyaknya pengguna yang menggunakan akses, ketersediaan bandwidth suatu jaringan. Hal ini menggambarkan bahwa kecepatan pengiriman data pada saat kondisi NLoS lebih cepat dibandingkan pada saat kondisi LoS.

Pada protokol TCP tidak akan terjadi *packet loss* karena salah satu karakteristik protokol TCP. Jika, terjadi loss maka paket akan di reinkarnasikan. Maka dapat disimpulkan bahwa pada saat kondis LoS memiliki delay lebih baik dari pada saat kondisi

NLoS dan nilai throughput pada saat kondisi NLoS lebih cepat dibandingkan pada saat kondisi LoS.

4.5.2. ANALISA PERBANDINGAN QoS KONDISI LOS DAN NLOS PERCOBAAN 2

Berikut adalah Analisa perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS pada percobaan 1 yaitu dengan mencari nilai rata-rata dari setiap percobaan yang dilakukan.

Tabel 4.49. Hasil Percobaan 2 pada saat kondisi LoS

Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
2 (45 cm)	10.31973333	0	6.007907181
	1.44175	0	44.0436969
	5.122440678	0	12.14331092
	2.56046875	0	24.3119546
	2.710107595	0	22.95205244

Berikut nilai rata – rata delay, packet loss dan throughput pada percobaan 2 LoS berdasarkan tabel di atas :

1. *Delay*
4.430900071 s
2. *Packet Loss*
0 %
3. *Throughput*
21.89178441 bytes/s

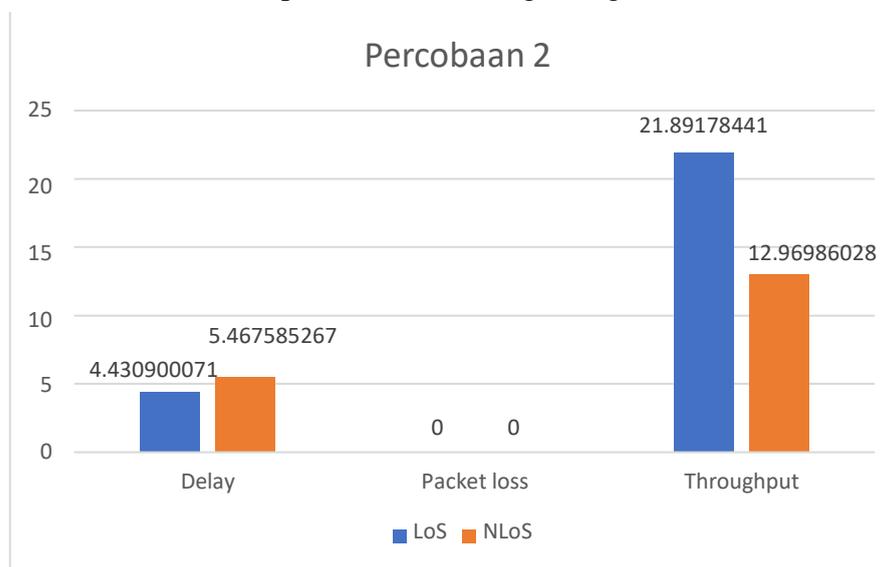
Tabel 4.50. Hasil Percobaan 2 pada saat kondisi NLoS

Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
2	2.627821138	0	23.63081721
	5.49994	0	11.27285025
	5.4999	0	11.27293224
	8.053987421	0	7.726162438
	5.656277778	0	10.94653924

Berikut nilai rata – rata delay, packet loss dan throughput pada percobaan 2 LoS berdasarkan tabel di atas :

1. *Delay*
5.467585267 s
2. *Packet Loss*
0 %
3. *Throughput*
12.96986028 byte/s

Berdasarkan tabel diatas maka perbandingan antara delay dan throughput pada saat kondisi LoS dan NLoS dapat dilihat melalui grafik gambar dibawah ini :



Gambar 4.74. Perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS Percobaan 2

Berdasarkan hasil dari percobaan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS maka, hasil yang didapat adalah rata-rata dari *delay* untuk LoS yaitu 4,43 s sedangkan NLoS

yaitu 5,46 s yang mana artinya semakin besar delay maka semakin buruk pula kualitas layanan.

Untuk rata-rata *throughput* masing-masing setiap kondisi adalah 21,89178441 bytes/s pada saat kondisi LoS dan 12.96986028 byte/s pada saat kondisi NLoS. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya *throughput* adalah banyaknya pengguna yang menggunakan akses, ketersediaan bandwidth suatu jaringan. Hal ini menggambarkan bahwa kecepatan pengiriman data pada saat kondisi NLoS lebih cepat dibandingkan pada saat kondisi LoS.

Pada protokol TCP tidak akan terjadi *packet loss* karena salah satu karakteristik protokol TCP. Jika, terjadi loss maka paket akan di reinkarnasikan. Maka dapat disimpulkan bahwa pada saat kondisi LoS memiliki delay lebih baik dari pada saat kondisi NLoS dan nilai *throughput* pada saat kondisi NLoS lebih cepat dibandingkan pada saat kondisi LoS.

4.5.3. ANALISA PERBANDINGAN QOS KONDISI LOS DAN NLOS PERCOBAAN 3

Berikut adalah Analisa perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS pada percobaan 1 yaitu dengan mencari nilai rata-rata dari setiap percobaan yang dilakukan.

Tabel 4.51. Hasil Percobaan 3 pada saat kondisi LoS

Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
3	3.787494186	0	16.54158652
	7.502790576	0	8.294296084
	7.799715976	0	8.015767529
	2.518584699	0	24.77321594
	5.812214765	0	10.69028429

Berikut nilai rata – rata delay, packet loss dan *throughput* pada percobaan 2 LoS berdasarkan tabel di atas :

1. *Delay*
5.484160041 s
2. *Packet Loss*
0 %
3. *Throughput*
13.66303007 byte/s

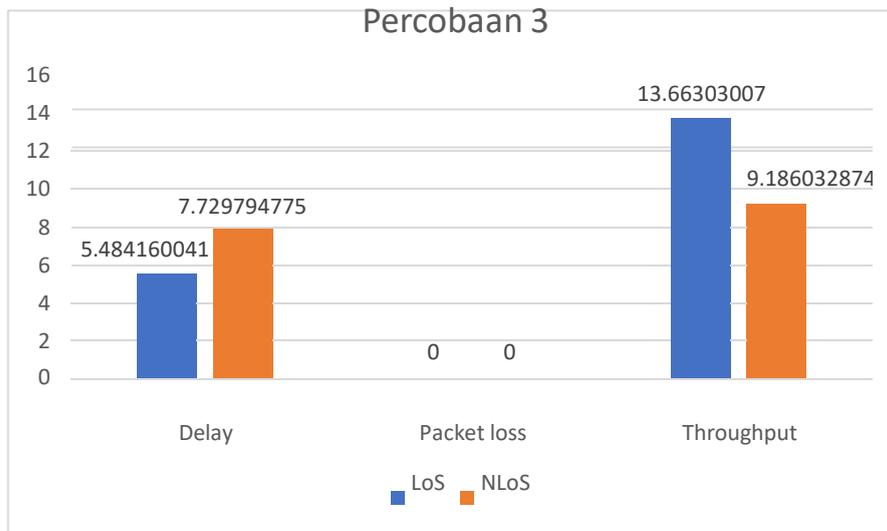
Tabel 4.52. Hasil Percobaan 3 pada saat kondisi NLoS

Percobaan	Delay	Packet Loss	Throughput
3	5.449614815	0	11.37695087
	13.90486111	0	4.530789592
	8.286384615	0	7.493578616
	5.500886667	0	11.27091027
	5.507226667	0	11.25793503

Berikut nilai rata – rata delay, packet loss dan throughput pada percobaan 2 LoS berdasarkan tabel di atas :

1. *Delay*
7.729794775 s
2. *Packet Loss*
0 %
3. *Throughput*
9.186032874 byte/s

Berdasarkan tabel diatas maka perbandingan antara delay dan throughput pada saat kondisi LoS dan NLoS dapat dilihat melalui grafik gambar dibawah ini :



Gambar 4.75. Perbandingan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS Percobaan 3

Berdasarkan hasil dari percobaan QoS pada saat kondisi LoS dan NLoS maka, hasil yang didapat adalah rata-rata dari *delay* untuk LoS yaitu 5,48 s sedangkan NLoS yaitu 7,72 s yang mana artinya semakin besar delay maka semakin buruk pula kualitas layanan.

Untuk rata-rata *throughput* masing-masing setiap kondisi adalah 13,66303007 byte/s pada saat kondisi LoS dan 9,186032874 byte/s pada saat kondisi NLoS. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya *throughput* adalah banyaknya pengguna yang menggunakan akses, ketersediaan bandwidth suatu jaringan. Hal ini menggambarkan bahwa kecepatan pengiriman data pada saat kondisi NLoS lebih cepat dibandingkan pada saat kondisi LoS.

Pada protokol TCP tidak akan terjadi *packet loss* karena salah satu karakteristik protokol TCP. Jika, terjadi loss maka paket akan di reinkarnasikan. Maka dapat disimpulkan bahwa pada saat kondis LoS memiliki delay lebih baik dari pada saat kondisi NLoS dan nilai *throughput* pada saat kondisi NLoS lebih cepat dibandingkan pada saat kondisi LoS.

BAB V KESIMPULAN DAN

SARAN

5.1 KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Banyaknya jumlah *device* ESP32 yang dapat terhubung di jaringan *Mesh* adalah 3 ESP32 dengan rincian 2 ESP32 sebagai *client* dan 1 ESP32 sebagai *server*.
2. Berdasarkan hasil penelitian, pengujian NLoS lebih baik dari LoS. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan rata – rata 5 kali percobaan baik pada perhitungan berdasarkan jarak dan kondisi pada parameter Delay, Packet Loss dan Throughput.
3. Pemanfaatan ESP32 Mesh – ESP32 Mesh tidak efektif dikarenakan kondisi jaringan yang terlalu rentan putus.

5.2 SARAN

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan mikrokontroler lain selain ESP32 dalam membangun jaringan Mesh agar mendapatkan kondisi jaringan yang efektif.
2. Menambahkan perangkat lain seperti *router* agar terhindar dari putusya antar *device* di jaringan mesh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ss. Rani and Vk. Sundari, "IoT Based Water Level Monitoring System for Lake in a Cloud Environment," *Int. J. Lakes Rivers*, vol. 12, no. 1, pp. 21–25, 2019, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>.
- [2] S. Sachio, A. Noertjahyana, and R. Lim, "IoT Based Water Level Control System," *TIMES-iCON 2018 - 3rd Technol. Innov. Manag. Eng. Sci. Int. Conf.*, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/TIMES-iCON.2018.8621630.
- [3] A. Salam, "LoRa-based Mesh Network for IoT," *2019 IEEE 5th World Forum Internet Things*, pp. 398–401, 2019.
- [4] A. Maier, A. Sharp, and V. Yuriy, "Comparative Analysis and Practical Implementation of the ESP32 Microcontroller Module for the Internet of Things," *2017 Internet Technol. Appl.*, pp. 143–148, 2014.
- [5] S. Y. Shahdad, A. Sabahath, and R. Parveez, "Architecture, issues and challenges of wireless mesh network," *Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2016*, pp. 557–560, 2016, doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754201.
- [6] M. Fezari and A. Al Dahoud, "Integrated Development Environment ' IDE ' For Arduino," *ResearchGate*, no. October, pp. 1–12, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/328615543%0AIntegrated>.
- [7] A. Heryana and Y. M. Putra, "Perancangan Dan Implementasi Infrastruktur Jaringan Komputer Serta Cloud Storage Server Berbasis Kendali Jarak Jauh (Studi Kasus Di Pt. Lapi Itb)," *Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. IX, no. Cloud Storage, p. 7, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.unnur.ac.id/index.php/jurnalfiki>.
- [8] S. S. Siddula, P. Babu, and P. C. Jain, "Water Level Monitoring and Management of Dams using IoT," *Proc. - 2018 3rd Int. Conf. Internet Things Smart Innov. Usages, IoT-SIU 2018*, pp. 0–4, 2018, doi: 10.1109/IoT-SIU.2018.8519843.
- [9] R. Jawaharan, P. M. Mohan, T. Das, and M. Gurusamy, "Empirical evaluation of SDN controllers using mininet/wireshark and comparison with cbench," *Proc. - Int. Conf. Comput. Commun. Networks, ICCCN*, vol. 2018-July, 2018, doi: 10.1109/ICCCN.2018.8487382.

- [10] L. A. K. Subash, D. Janet Ramya and S. Awarded, “Quality of Service in the Internet of Things (IoT) – A Survey,” *Res. Teach. Learn. Lett.*, vol. 21, no. June, 2019.
- [11] Y. Shi, R. Enami, J. Wensowitch, and J. Camp, “Measurement-based characterization of LOS and NLOS drone-to-ground channels,” *IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf. WCNC*, vol. 2018-April, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/WCNC.2018.8377104.

1. LAMPIRAN

Kodingan

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <SPI.h>

char auth[] = " zcud-0oVW76s_xTIctprOhYlrSrrb4ZO";

char ssid[] = "Ketapang";

char pass[] = "yusril23";

const int pinBuzzer = 33;

int LED_Merah = 27;

int LED_Kuning = 26;

int LED_Hijau = 25;

void setup() {

pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);

pinMode(LED_Merah, OUTPUT);

pinMode(LED_Kuning, OUTPUT);

pinMode(LED_Hijau, OUTPUT);

Serial.begin (115200);

Blynk.begin(auth, ssid, pass);

}

void loop() {

    Blynk.run();

    int value = analogRead(34);

    Serial.print("value = ");

    Serial.print(value);

    delay(1000);
```

```

if (value >= 3096) {

  Serial.println("Berbahaya");

  digitalWrite (LED_Merah,HIGH);

  digitalWrite(LED_Kuning,LOW);

  digitalWrite(LED_Hijau,LOW);

  digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);

  delay(250);

  digitalWrite(pinBuzzer, LOW);

  delay(250);

  Blynk.notify("Notif : Berbahaya, Harap segera mengungsi!");

  Blynk.email("myusrilmyi@gmail.com", "Notifikasi Bahaya", "Berbahaya, Harap segera mengungsi");

}

else if ((value > 2048) && (value <3095)) {

  Serial.println("Siaga");

  digitalWrite (LED_Kuning,HIGH);

  digitalWrite (LED_Merah,LOW);

  digitalWrite (LED_Hijau,LOW);

  digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);

  delay(1000);

  digitalWrite(pinBuzzer, LOW);

  delay(500);

  Blynk.notify("Notif : Status siaga, harap berhati - hati atau segera mengungsi!");

  Blynk.email("myusrilmyi@gmail.com","Notifikasi Siaga", "Status siaga, harap berhati - hati atau segera mengungsi!");

}

else if (value <= 2200 ){

  Serial.println("Waspada");

```

```
digitalWrite (LED_Hijau,HIGH);  
  
digitalWrite (LED_Merah,LOW);  
  
digitalWrite (LED_Kuning,LOW);  
  
digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);  
  
delay(500);  
  
digitalWrite(pinBuzzer, LOW);  
  
delay(3000);  
  
Blynk.notify("Harap berhati - hati, jaga keselamatan dan tetap waspada!");  
  
Blynk.email("myusrilmyi@gmail.com","Notifikasi Waspada", "Harap berhati - hati, jaga keselamatan dan tetap  
waspada!");  
  
}  
  
}
```

Prototype



Pengujian 1 LoS

Wireshark - Capture File Properties - 30 cm percobaan 1 20 menit.pcapng

Details

File

Name: C:\Users\Rosalina\Desktop\LOS\Pengujian 1 30 cm\30 cm percobaan 1 20 menit.pcapng
Length: 362kB
Hash (SHA256): 54505ad359e0b69cbd7ac9c22648d1f1788414622d5b10f7212bb91c6b25c4c5
Hash (RIPEMD160): f77bc1bd2438bc38450d92b9c75208d34cb5fb92
Hash (SHA1): 7d8609762173a34caed96f753e9d75923141df6b
Format: Wireshark/... - pcapng
Encapsulation: Ethernet

Time

First packet: 2021-08-05 13:45:33
Last packet: 2021-08-05 14:05:23
Elapsed: 00:19:49

Capture

Hardware: AMD A6-9220 RADEON R4, 5 COMPUTE CORES 2C+3G (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (2009), build 19042
Application: Dumpcap (Wireshark) 3.4.7 (v3.4.7-0-ge42cbf6a415f)

Interfaces

Interface	Dropped packets	Capture filter	Link type	Packet size limit
Wi-Fi	0 (0.0%)	none	Ethernet	262144 bytes

Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	3222	268 (8.3%)	—
Time span, s	1189.633	534.824	—
Average pps	2.7	0.5	—
Average packet size, B	79	63	—
Bytes	254502	16788 (6.6%)	0
Average bytes/s	213	31	—

Capture file comments

Refresh Save Comments Close Copy To Clipboard Help

Pengujian 2 LoS

Wireshark · Capture File Properties · 45 cm percobaan 1 20 menit.pcapng

Details

File

Name: C:\Users\Rosalina\Desktop\LOS\Pengujian 2 45 cm\45 cm percobaan 1 20 menit.pcapng
Length: 214kB
Hash (SHA256): F705da9bfa214a4906cf267f44a06cce2d540cddb4dc5fdd691c73e24471898a
Hash (RIPEMD 160): 74077c5197f58ee7f7a8f73cfcb388788bfa3be
Hash (SHA1): ed1e5ffcb53acbc6ccffea6d9a2af99e44eb65ef
Format: Wireshark/... - pcapng
Encapsulation: Ethernet

Time

First packet: 2021-08-07 12:37:04
Last packet: 2021-08-07 12:59:52
Elapsed: 00:22:48

Capture

Hardware: AMD A6-9220 RADEON R4, 5 COMPUTE CORES 2C+3G (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (2009), build 19042
Application: Dumpcap (Wireshark) 3.4.7 (v3.4.7-0-ge42cbf6a415f)

Interfaces

Interface	Dropped packets	Capture filter	Link type	Packet size limit
Wi-Fi	0 (0.0%)	none	Ethernet	262144 bytes

Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	1953	120 (6.1%)	—
Time span, s	1368.299	1238.368	—
Average pps	1.4	0.1	—
Average packet size, B	76	62	—
Bytes	148422	7440 (5.0%)	0
Average bytes/s	108	6	—

Capture file comments

Refresh Save Comments Close Copy To Clipboard Help

Pengujian 3 LoS

Wireshark · Capture File Properties · 60 cm percobaan 1 20 menit.pcapng

Details

File

Name: C:\Users\Rosalina\Desktop\LOS\Pengujian 3 60 cm\60 cm percobaan 1 20 menit.pcapng
Length: 262kB
Hash (SHA256): 3a57dba8da0cbc8770ba4710e208c29d5998a052fc037a0ec445a14f224bd143
Hash (RIPEMD 160): 9a6d1b3f0fc4c80d6065a2cd2d06788b7e794d79
Hash (SHA1): 8ba1ad8afdc1c39e8358d208045224f0d06f9481
Format: Wireshark/... - pcapng
Encapsulation: Ethernet

Time

First packet: 2021-08-07 14:45:32
Last packet: 2021-08-07 15:06:41
Elapsed: 00:21:09

Capture

Hardware: AMD A6-9220 RADEON R4, 5 COMPUTE CORES 2C+3G (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (2009), build 19042
Application: Dumpcap (Wireshark) 3.4.7 (v3.4.7-0-ge42cbf6a415f)

Interfaces

Interface	Dropped packets	Capture filter	Link type	Packet size limit
Wi-Fi	0 (0.0%)	none	Ethernet	262144 bytes

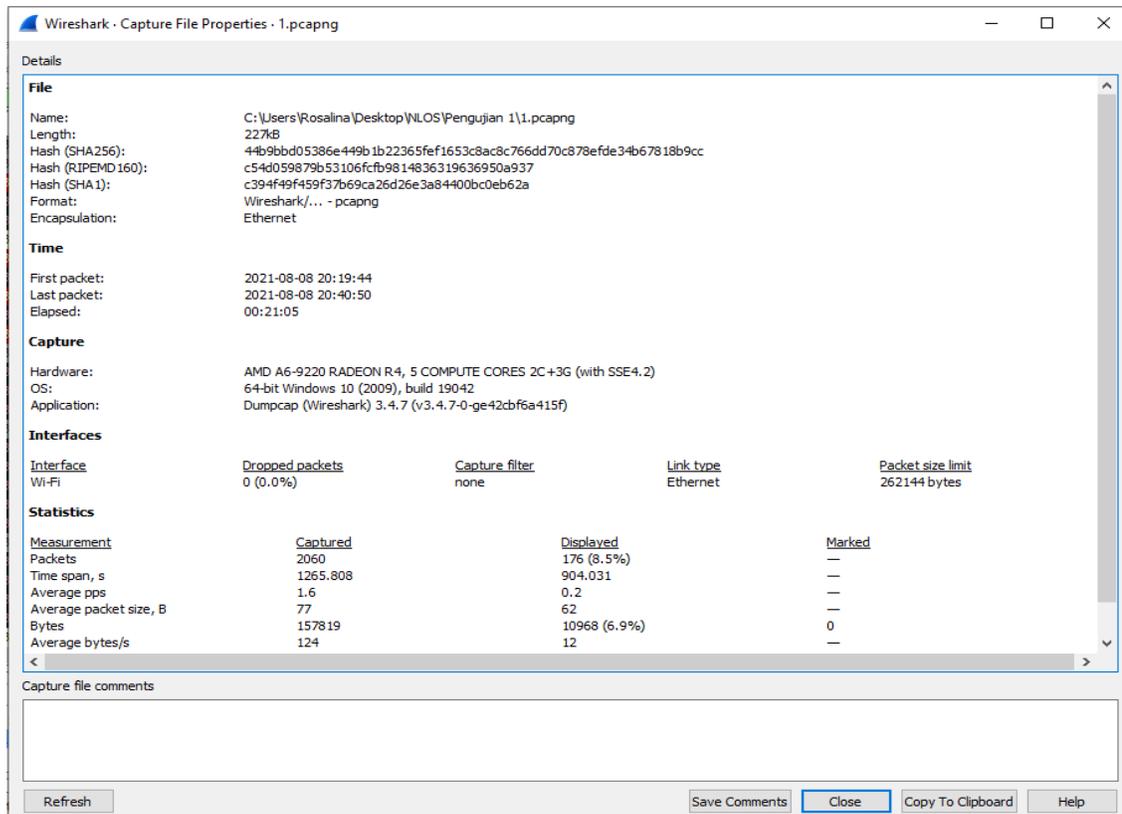
Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	2189	172 (7.9%)	—
Time span, s	1269.076	651.449	—
Average pps	1.7	0.3	—
Average packet size, B	86	63	—
Bytes	188848	10776 (5.7%)	0
Average bytes/s	148	16	—

Capture file comments

Refresh Save Comments Close Copy To Clipboard Help

Pengujian 1 NLoS



Wireshark · Capture File Properties · 1.pcapng

Details

File

Name: C:\Users\Rosalina\Desktop\NLoS\Pengujian 1\1.pcapng
Length: 227kB
Hash (SHA256): 44b9bbd05386e449b1b22365fef1653c8ac8c766dd70c878efde34b67818b9cc
Hash (RIPEMD 160): c54d059879b53106fcb9814836319636950a937
Hash (SHA 1): c394f49f459f37b69ca26d26e3a84400bc0eb62a
Format: Wireshark/... - pcapng
Encapsulation: Ethernet

Time

First packet: 2021-08-08 20:19:44
Last packet: 2021-08-08 20:40:50
Elapsed: 00:21:05

Capture

Hardware: AMD A6-9220 RADEON R4, 5 COMPUTE CORES 2C+3G (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (2009), build 19042
Application: Dumpcap (Wireshark) 3.4.7 (v3.4.7-0-ge42cbf5a415f)

Interfaces

Interface	Dropped packets	Capture filter	Link type	Packet size limit
Wi-Fi	0 (0.0%)	none	Ethernet	262144 bytes

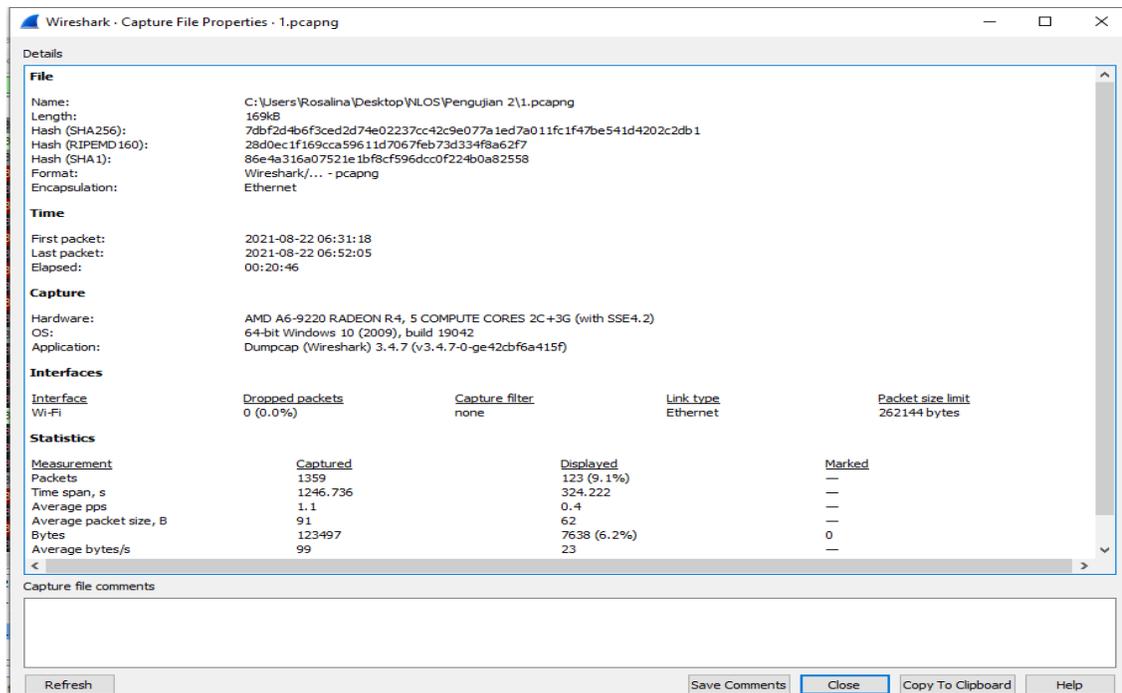
Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	2060	176 (8.5%)	—
Time span, s	1265.808	904.031	—
Average pps	1.6	0.2	—
Average packet size, B	77	62	—
Bytes	157819	10968 (6.9%)	0
Average bytes/s	124	12	—

Capture file comments

Refresh Save Comments Close Copy To Clipboard Help

Pengujian 2 NLoS



Wireshark · Capture File Properties · 1.pcapng

Details

File

Name: C:\Users\Rosalina\Desktop\NLoS\Pengujian 2\1.pcapng
Length: 169kB
Hash (SHA256): 7dbf2d4b6f3ced2d74e02237cc42c9e077a1ed7a011fc1f47be541d4202c2db1
Hash (RIPEMD 160): 28d0ec1f169cca59611d7067feb73d334f8a62f7
Hash (SHA 1): 86e4a316a07521e1bf8cf596dcc0f224b0a82558
Format: Wireshark/... - pcapng
Encapsulation: Ethernet

Time

First packet: 2021-08-22 06:31:18
Last packet: 2021-08-22 06:52:05
Elapsed: 00:20:46

Capture

Hardware: AMD A6-9220 RADEON R4, 5 COMPUTE CORES 2C+3G (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (2009), build 19042
Application: Dumpcap (Wireshark) 3.4.7 (v3.4.7-0-ge42cbf5a415f)

Interfaces

Interface	Dropped packets	Capture filter	Link type	Packet size limit
Wi-Fi	0 (0.0%)	none	Ethernet	262144 bytes

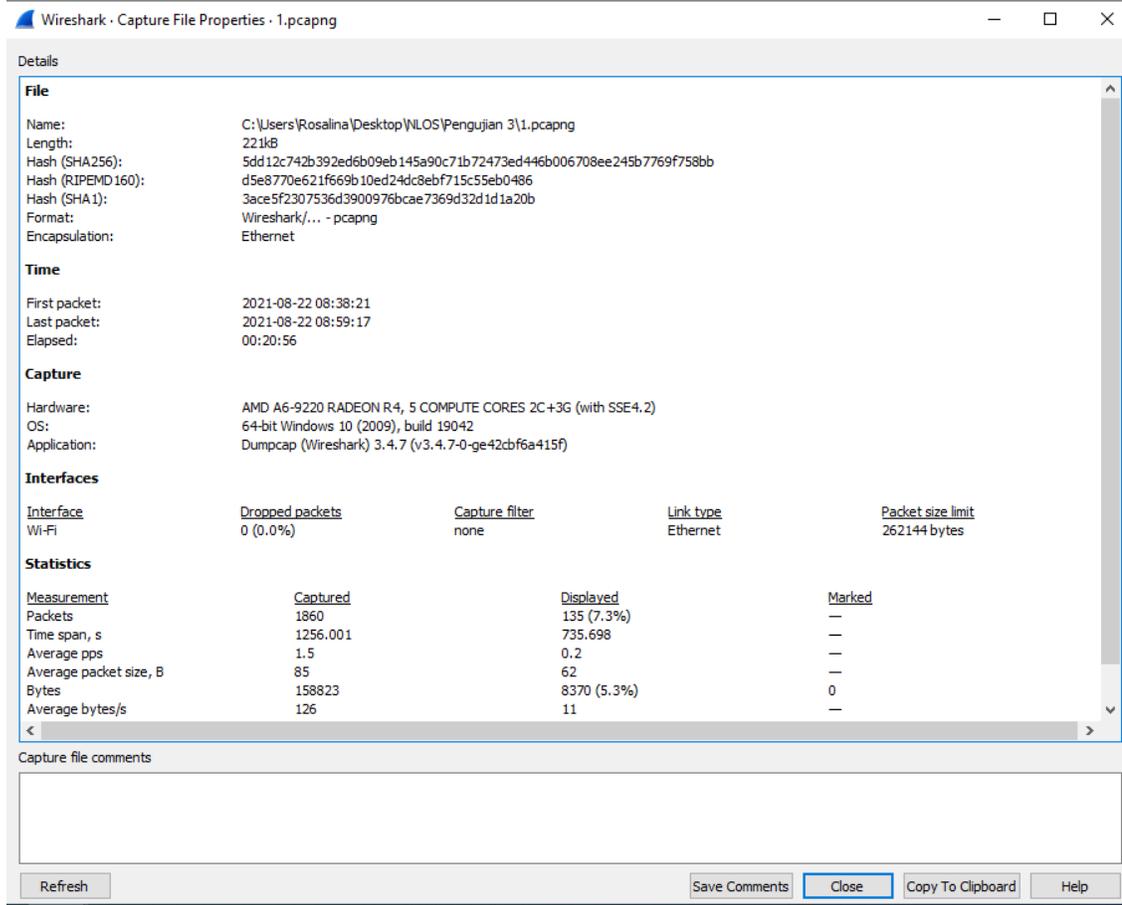
Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	1359	123 (9.1%)	—
Time span, s	1246.736	324.222	—
Average pps	1.1	0.4	—
Average packet size, B	91	62	—
Bytes	123497	7638 (6.2%)	0
Average bytes/s	99	23	—

Capture file comments

Refresh Save Comments Close Copy To Clipboard Help

Pengujian 3 NLoS



Wireshark · Capture File Properties · 1.pcapng

Details

File

Name: C:\Users\Rosalina\Desktop\NLoS\Pengujian 3\1.pcapng
Length: 221kB
Hash (SHA256): 5dd12c742b392ed6b09eb145a90c71b72473ed446b006708ee245b7769f758bb
Hash (RIPEMD160): d5e8770e621f669b10ed24dc8ebf715c55eb0486
Hash (SHA1): 3ace5f2307536d3900976bcae7369d32d1d1a20b
Format: Wireshark/... - pcapng
Encapsulation: Ethernet

Time

First packet: 2021-08-22 08:38:21
Last packet: 2021-08-22 08:59:17
Elapsed: 00:20:56

Capture

Hardware: AMD A6-9220 RADEON R4, 5 COMPUTE CORES 2C+3G (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (2009), build 19042
Application: Dumpcap (Wireshark) 3.4.7 (v3.4.7-0-ge42cbf6a415f)

Interfaces

Interface	Dropped packets	Capture filter	Link type	Packet size limit
Wi-Fi	0 (0.0%)	none	Ethernet	262144 bytes

Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	1860	135 (7.3%)	—
Time span, s	1256.001	735.698	—
Average pps	1.5	0.2	—
Average packet size, B	85	62	—
Bytes	158823	8370 (5.3%)	0
Average bytes/s	126	11	—

Capture file comments

Refresh Save Comments Close Copy To Clipboard Help



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
JURUSAN SISTEM KOMPUTER

Jalan Palembang – Prabumulih Km. 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir Kode Pos 30662
Telepon (0711)7072729, 379249, 581700 Faksimili (0711) 379248, 581710
Pos-el : info@ilkom.unsri.ac.id

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI (TUGAS AKHIR II)

Nama Mahasiswa : M. Yusril Irhamahendra
NIM : 09011381621104
Jurusan : Sistem Komputer
Hari / Tanggal : Senin / 13 Desember 2021
Waktu : 13.00 s.d 13.30 WIB
Judul Tugas Akhir : Purwarupa Pemantau Ketinggian Air berbasis Internet of Thing (IoT) Menggunakan Jaringan Mesh
Pembimbing : Huda Ubaya, M.T

Dengan penguji

No.	Nama Penguji	Status Penguji	Keterangan
1.	Kemahyanto Exaudi, M.T.	Ketua	
2.	Iman Saladin B. Azhar, S.Kom., M.MSI.	Sekretaris	
3.	Huda Ubaya, M.T	Pendamping (Pembela)	
4.	Rendyansyah, M.T.	Penguji	

Mengetahui *24/1/22*
Ketua Jurusan Sistem Komputer,

Dr. Ir. H. Sukemi, M.T
NIP 196612032006041001

Palembang, 13 Desember 2021

Ketua Komisi Penguji,

Kemahyanto Exaudi, M.T.
NIP 198405252016011201



FORM PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI (TUGAS AKHIR II)

Nama Mahasiswa : M. Yusril Irhamahendra
NIM : 09011381621104
Jurusan : Sistem Komputer
Hari / Tanggal : Senin / 13 Desember 2021
Waktu : 13.00 s.d 13.30 WIB
Judul Tugas Akhir : Purwarupa Pemantau Ketinggian Air berbasis Internet of Thing (IoT) Menggunakan Jaringan Mesh
Pembimbing : Huda Ubaya, M.T
Perbaikan/Saran :

Jangka Waktu Perbaikan :

Telah diperbaiki sesuai dengan saran dan koreksi tim penguji ujian komprehensif.

No.	Nama Penguji	Status Penguji	Tanda Tangan
1.	Huda Ubaya, M.T	Pendamping (Pembela)	

Palembang, ~~13~~ Desember 2021

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP 196612032006041001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
JURUSAN SISTEM KOMPUTER

Jalan Palembang – Prabumulih Km. 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir Kode Pos 30662
Telepon (0711)7072729, 379249, 581700 Faksimili (0711) 379248, 581710
Pos-el : info@ikom.unsri.ac.id

FORM PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI (TUGAS AKHIR II)

Nama Mahasiswa : M. Yusril Irhamahendra
NIM : 09011381621104
Jurusan : Sistem Komputer
Hari / Tanggal : Senin / 13 Desember 2021
Waktu : 13.00 s.d 13.30 WIB
Judul Tugas Akhir : Purwarupa Pemantau Ketinggian Air berbasis Internet of Thing (IoT) Menggunakan Jaringan Mesh
Pembimbing : Huda Ubaya, M.T

Perbaikan/Saran :

1. Merubah prototype
2. Mengubah nilai analog ke digital

Jangka Waktu Perbaikan :

Telah diperbaiki sesuai dengan saran dan koreksi tim penguji ujian komprehensif.

No.	Nama Penguji	Status Penguji	Tanda Tangan
1.	Rendyansyah, M.T.	Penguji	

Palembang, ~~13 Desember 2021~~
Ketua Jurusan Sistem Komputer

Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP 196612032006041001

PURWARUPA PEMANTAU KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN JARINGAN MESH

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Sriwijaya University

Student Paper

3%

2

belajar-edan.blogspot.com

Internet Source

1%

3

johannessimatupang.wordpress.com

Internet Source

1%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On
