



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN *TESTBED WIRELESS SENSOR*
NETWORK BERBASIS ZIGBEE MULTITOPOLOGI UNTUK
ANALISIS KINERJA JARINGAN**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
Ananda Wizza Kayla
2203421012

**PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN *TESTBED WIRELESS SENSOR*
NETWORK BERBASIS ZIGBEE MULTITOPOLOGI UNTUK
ANALISIS KINERJA JARINGAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Ananda Wizza Kayla

2203421012

**PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ananda Wizza Kayla

NIM : 2203421012

Tanda Tangan :

Tanggal : Depok, 24 Juni 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Ananda Wizza Kayla
NIM : 2203421012
Program Studi : Broadband Multimedia
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Testbed Wireless Sensor Network* Berbasis ZigBee Multitopologi untuk Analisis Kinerja Jaringan

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada (29 Juni 2026)
dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing I : Agus Wagyana, S.T., M.T.
196808241999031002

Depok, 16 Juni 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Nama Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun Testbed Wireless Sensor Network Berbasis ZigBee Multitopologi untuk Analisis Kinerja Jaringan". Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Agus Wagyana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Fransiska Wijaya dan Bapak Widijo Susantijo, selaku orang tua, serta Bapak Malik Wahyu yang telah memberikan doa, dukungan moral, motivasi, serta membiayai penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ahmad Rizky Fadillah, senantiasa mendampingi dan memberikan bantuan dalam berbagai tahap penyusunan Skripsi ini, baik dalam proses pengukuran di lapangan, penulisan, maupun dukungan serta semangat yang tak henti diberikan kepada penulis.
4. Nailah Azarine B. dan Ziven Almer B., selaku adik-adik penulis, senantiasa memberikan dukungan dan semangat, serta turut membantu proses pengambilan data di lapangan selama penelitian ini berlangsung.
5. Khaila Oktavianingsih, selaku teman satu dosen pembimbing, yang senantiasa menemani serta mendengarkan keluh kesah penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir, dan Ai Syifa Maharani, yang telah membantu penulis dengan meminjamkan alat untuk keperluan penelitian ini.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Program Studi Broadband Multimedia serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses penelitian, pengujian, dan penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang Wireless Sensor Network dan ZigBee.



Depok, 24 Juni 2026

Ananda Wizza Kayla



Rancang Bangun *Testbed Wireless Sensor Network* Berbasis ZigBee Multitopologi untuk Analisis Kinerja Jaringan

Abstrak

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan teknologi komunikasi nirkabel penting dalam sistem *Internet of Things* (IoT) sebagai media pengiriman data antar *node* sensor. Pemilihan topologi jaringan yang tepat menjadi faktor krusial karena memengaruhi kinerja dan keandalan komunikasi, namun penelitian sebelumnya terbatas pada topologi tertentu dengan kondisi berbeda sehingga performa antar topologi belum dapat dibandingkan objektif. Penelitian ini membangun *testbed* WSN berbasis ZigBee multitopologi menggunakan modul XBee S2C dan mikrokontroler ESP32 *DevKit* V4, serta menganalisis kinerja topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Mesh*, dan *Tree* dalam satu platform pengujian seragam pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) dengan variasi jarak 5, 10, dan 15 meter. Sensor DHT22 dan LDR dipasang pada setiap *End Device* menghasilkan trafik data representatif, dengan parameter PDR, *throughput*, *delay*, dan RSSI. Hasil menunjukkan kinerja seluruh topologi menurun konsisten seiring jarak, sementara PDR siang lebih rendah dari pagi, diduga akibat aktivitas perangkat dan manusia yang meningkatkan interferensi kanal, bukan waktu itu sendiri. *Tree* unggul dan konsisten dengan PDR tertinggi (84,42%), *Mesh* unggul jarak dekat-menengah namun menurun tajam pada 15 meter (37,5%), *Point-to-Point* unggul *throughput* dan *delay* namun rentan *packet loss* jarak jauh (32,5%), *Star* mencatat PDR terendah akibat kontensi kanal. *Tree* cocok untuk jarak jauh, *Mesh* jarak dekat-menengah, *Point-to-Point* komunikasi langsung berskala kecil.

Kata Kunci : IEEE 802.15.4, kinerja jaringan, *testbed*, *Wireless Sensor Network*, ZigBee

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Abstract

Wireless Sensor Network (WSN) is an important wireless technology in Internet of Things (IoT) systems as a medium for data transmission between sensor nodes. Selecting the appropriate topology is crucial as it affects performance and reliability, yet previous studies were limited to specific topologies under varying conditions, making objective comparisons difficult. This study builds a multi-topology ZigBee-based WSN testbed using XBee S2C modules and ESP32 DevKit V4 microcontrollers, analyzing Point-to-Point, Star, Mesh, and Tree topologies within a uniform platform under Non-Line of Sight (NLOS) conditions at distances of 5, 10, and 15 meters. DHT22 and LDR sensors were installed on each End Device to generate representative traffic, with performance measured through PDR, throughput, delay, and RSSI. Results show all topologies degrade with distance, while afternoon PDR was lower than morning, likely due to device activity and movement raising interference rather than time itself. Tree performs best with the highest PDR (84.42%); Mesh excels at short-to-medium distances but drops sharply at 15 meters (37.5%); Point-to-Point excels in throughput and delay but is prone to packet loss at longer distances (32.5%); Star records the lowest PDR due to channel contention. Tree suits long-range coverage, Mesh short-to-medium range, and Point-to-Point small-scale direct communication.

Keywords: IEEE 802.15.4, network performance, testbed, Wireless Sensor Network, ZigBee

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 State of the Art	5
2.2 Wireless Sensor Network (WSN)	7
2.2.1 Arsitektur Wireless Sensor Network	8
2.2.2 <i>Testbed Wireless Sensor Network</i>	10
2.3 IEEE 802.15.4	10
2.3.1 Physical Layer (PHY)	11
2.3.2 Medium Access Control (MAC)	11
2.4 ZigBee	11
2.4.1 ZigBee Device Types	12
2.4.2 ZigBee Network Topology	12
2.4.3 ZigBee Protocol Stack	14
2.4.4 Karakteristik ZigBee	15
2.5 XBee S2C	17
2.6 ESP32 DevKit V4	18
2.7 Sensor DHT22	19
2.8 Sensor Light Dependent Resistor (LDR)	20
2.9 Display	21
2.9.1 OLED I2C Module	21
2.9.2 LCD I2C Module	21
2.10 Parameter Kinerja Jaringan WSN	22
2.10.1 Throughput	22
2.10.2 Delay	23
2.10.3 Packet Delivery Ratio (PDR)	23
2.10.4 <i>Received Signal Strength Indicator</i> (RSSI)	23
2.11 XCTU	24
2.12 Arduino IDE	25
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	26
3.1 Rancangan Alat	26

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.1 Deskripsi Alat.....	26
3.1.2 Cara Kerja Alat.....	27
3.1.3 Variabel Penelitian	28
3.1.4 Spesifikasi Alat	29
3.1.5 Diagram Blok Alat	31
3.1.6 Perancangan Rangkaian	33
3.2 Realisasi Alat.....	38
3.2.1 Realisasi Hardware.....	38
3.2.2 Realisasi Topologi Jaringan	39
3.2.3 Realisasi Software	42
BAB IV PEMBAHASAN	79
4.1 Pengujian Topologi <i>Point-to-Point</i> (P2P)	79
4.1.1 Deskripsi Pengujian.....	81
4.1.2 Prosedur Pengujian.....	81
4.1.3 Data Hasil Pengujian.....	83
4.1.4 Analisis Data	84
4.1.5 Analisis Mekanisme Routing	88
4.1.6 Analisis Penanganan Ketika Terjadi Error/Kegagalan Komunikasi	90
4.2 Pengujian Topologi <i>Star</i>	91
4.2.1 Deskripsi Pengujian.....	93
4.2.2 Prosedur Pengujian.....	93
4.2.3 Data Hasil Pengujian.....	95
4.2.4 Analisis Data	97
4.2.5 Analisis Mekanisme Routing	100
4.2.6 Analisis Penanganan Ketika Terjadi Error/Kegagalan Komunikasi	102
4.3 Pengujian Topologi <i>Mesh</i>	104
4.3.1 Deskripsi Pengujian.....	106
4.3.2 Prosedur Pengujian.....	106
4.3.3 Data Hasil Pengujian.....	108
4.3.4 Analisis Data	110
4.3.5 Analisis Mekanisme Routing	113
4.3.6 Analisis Penanganan Ketika Terjadi Error/Kegagalan Komunikasi	115
4.4 Pengujian Topologi <i>Tree</i>	117
4.4.1 Deskripsi Pengujian.....	119
4.4.2 Prosedur Pengujian.....	119
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	121
4.4.4 Analisis Data	123
4.4.5 Analisis Mekanisme Routing	126
4.4.6 Analisis Penanganan Ketika Terjadi Error/Kegagalan Komunikasi	128
4.5 Perbandingan Antar Topologi.....	130



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.1 Perbandingan Reliabilitas (PDR)	131
4.5.2 Perbandingan Throughput	131
4.5.3 Perbandingan Delay	132
4.5.4 Perbandingan Kualitas Sinyal (RSSI)	132
4.5.5 Pengaruh Jumlah Hop terhadap QoS.....	133
4.5.6 Analisis Algoritma Routing pada Masing-Masing Topologi ZigBee	135
4.5.7 Kelebihan dan Kekurangan Masing-masing Topologi.....	138

BAB V PENUTUP.....	140
DAFTAR PUSTAKA	142
LAMPIRAN.....	147



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Arsitektur Wireless Sensor Node	8
Gambar 2. 2	Arsitektur Wireless Sensor Network (WSN)	9
Gambar 2. 3	Topologi Komunikasi ZigBee	13
Gambar 2. 4	ZigBee Protocol Stack	14
Gambar 2. 5	XBee S2C	17
Gambar 2. 6	ESP32 DevKit V4 Pinout Sumber: (components101.com)	18
Gambar 2. 7	DHT22	19
Gambar 2. 8	LDR Sensor	20
Gambar 2. 9	OLED Display	21
Gambar 2. 10	LCD I2C Module	22
Gambar 2. 11	XCTU Software	24
Gambar 2. 12	Arduino IDE Software	25
Gambar 3. 1	Flowchart Sistem WSN Berbasis ZigBee Multitopologi	27
Gambar 3. 3	Diagram Blok Sistem	32
Gambar 3. 5	Skematik End Device	34
Gambar 3. 6	Skematik Router	36
Gambar 3. 7	Skematik Coordinator	37
Gambar 3. 8	Realisasi End Device	38
Gambar 3. 9	Realisasi Router	39
Gambar 3. 10	Realisasi Coordinator	39
Gambar 3. 11	Topologi Point-to-Point (P2P)	40
Gambar 3. 12	Topologi Star	40
Gambar 3. 13	Topologi Mesh	41
Gambar 3. 14	Topologi Tree	41
Gambar 3. 15	Install Board ESP32 by Espressif Systems	42
Gambar 3. 16	Pemilihan Board ESP32 Dev Module	42
Gambar 3. 17	Tampilan Discover Radio Modules pada XCTU	43
Gambar 3. 18	Konfigurasi Parameter XBee Coordinator	44
Gambar 3. 19	Konfigurasi Parameter XBee Router	44
Gambar 3. 20	Konfigurasi Parameter XBee End Device	45
Gambar 3. 21	Include Library End Device	46
Gambar 3. 22	Deklarasi Pin dan Variabel End Device	48
Gambar 3. 23	Inisialisasi Setup End Device	48
Gambar 3. 24	Pengiriman Data dari End Device ke Coordinator	51
Gambar 3. 25	Fungsi Update OLED End Device	52
Gambar 3. 26	Deklarasi Variabel QoS Coordinator P2P	54
Gambar 3. 27	Deklarasi Timing LCD, LED, dan Forward Declaration Coordinator P2P	54
Gambar 3. 28	Fungsi setup, loop, dan handleGreenBlink Coordinator P2P	55
Gambar 3. 29	Fungsi receiveData Coordinator P2P	57
Gambar 3. 30	Fungsi calculateQoS Coordinator P2P	60
Gambar 3. 31	Fungsi displayLCD dan displayQoS Coordinator P2P	61
Gambar 3. 32	Deklarasi Variabel QoS Tiga Node Coordinator Star	62
Gambar 3. 33	Deklarasi Timing LCD, LED, dan Forward Declaration Coordinator Star	63
Gambar 3. 34	Fungsi setup, loop, dan handleGreenBlink Coordinator Star	64
Gambar 3. 35	Filter Node ED1, ED2, ED3 pada receiveData Coordinator Star	65
Gambar 3. 36	Pemanggilan calculateQoS untuk Setiap Node Coordinator Star	66
Gambar 3. 37	Fungsi displayLCD dan displayQoS Coordinator Star	68
Gambar 3. 38	Kode Coordinator Tree	69
Gambar 3. 39	Kode Coordinator Mesh	70

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 40 Diagram Alir Prosedur Pengujian QoS	71
Gambar 3. 41 Struktur Folder Perangkat Lunak Analisis Data QoS	72
Gambar 3. 42 Fungsi extract_samples_from_df() pada modul parser.py	75
Gambar 3. 43 Fungsi compute_stats() untuk penghitungan statistik QoS	71
Gambar 3. 44 Fungsi export_excel() pada modul exporter.py	72
Gambar 3. 45 Fungsi generate_charts() untuk pembuatan grafik perbandingan QoS	75
Gambar 3. 46 Struktur Output Hasil Analisis Program	75
Gambar 4. 1 Denah Penempatan Node Topologi Point-to-Point pada Gedung G.....	80
Gambar 4. 2 Grafik PDR, Delay, Throughput, dan RSSI Point-to-Point	85
Gambar 4. 7 Denah Penempatan Node Topologi Star pada Gedung G	92
Gambar 4. 8 Grafik PDR, Delay, Throughput, dan RSSI Star	97
Gambar 4. 13 Denah Penempatan Node Topologi Mesh pada Gedung G	105
Gambar 4. 14 Grafik PDR, Delay, Throughput, dan RSSI Mesh	110
Gambar 4. 19 Denah Penempatan Node Topologi Tree pada Gedung G	118
Gambar 4. 20 Grafik PDR, Delay, Throughput, dan RSSI Tree	123





DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Karakteristik ZigBee	15
Tabel 2. 3 Spesifikasi XBee S2C	17
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen Sistem	29
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat <i>End Device</i>	30
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat <i>Router</i>	31
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Coordinator	31
Tabel 3. 6 Alokasi Pin <i>End Device</i>	35
Tabel 3. 7 Alokasi Pin Coordinator	37
Tabel 3. 8 Parameter Konfigurasi XBee Coordinator	43
Tabel 3. 9 Parameter Konfigurasi XBee <i>Router</i>	44
Tabel 3. 10 Parameter Konfigurasi XBee <i>End Device</i>	45
Tabel 3. 11 Library Arduino IDE yang Digunakan	45
Tabel 4. 3 Alat Pengujian Topologi Point to Point	82
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Topologi Point-to-Point Jarak 5 Meter	83
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Topologi Point-to-Point Jarak 10 Meter	83
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Topologi Point-to-Point Jarak 15 Meter	83
Tabel 4. 8 Alat Pengujian Topologi Star	94
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Topologi Star Jarak 5 Meter	95
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Topologi Star Jarak 10 Meter	96
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Topologi Star Jarak 15 Meter	96
Tabel 4. 14 Alat Pengujian Topologi Mesh	107
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Topologi Mesh Jarak 5 Meter	108
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Topologi Mesh Jarak 10 Meter	109
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Topologi Mesh Jarak 15 Meter	109
Tabel 4. 20 Alat Pengujian Topologi Tree	120
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Topologi Tree Jarak 5 Meter	121
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Topologi Tree Jarak 10 Meter	121
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Topologi Tree Jarak 15 Meter	122

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan salah satu teknologi yang berperan penting dalam sistem *Internet of Things* (IoT) sebagai media komunikasi antar node sensor untuk melakukan pengambilan dan pengiriman data secara nirkabel (Setiabudi et al., 2024). Dalam implementasinya, komunikasi pada WSN dapat dilakukan secara langsung (*single-hop*) maupun melalui node perantara (*multi-hop*), sehingga memungkinkan terbentuknya berbagai topologi jaringan (Irsan, 2023). Keandalan komunikasi menjadi faktor penting karena berpengaruh terhadap kualitas data yang diterima pengguna.

Salah satu teknologi komunikasi yang banyak digunakan pada WSN adalah ZigBee yang berbasis standar IEEE 802.15.4. ZigBee memiliki karakteristik konsumsi daya rendah dan mendukung berbagai bentuk komunikasi jaringan, seperti *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh* (Coboi et al., 2023). Namun demikian, performa jaringan ZigBee dapat dipengaruhi oleh topologi jaringan, kondisi lingkungan, serta mekanisme komunikasi antar node yang digunakan.

Kinerja jaringan ZigBee berbasis standar IEEE 802.15.4 dapat dianalisis menggunakan beberapa parameter performansi jaringan, seperti *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *throughput*, *delay*, dan *Packet Delivery Ratio* (PDR). Parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas komunikasi, keandalan pengiriman data, serta kekuatan sinyal pada jaringan WSN. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa performa jaringan ZigBee dapat berbeda pada setiap topologi jaringan, sehingga diperlukan analisis yang lebih komprehensif untuk memahami karakteristik masing-masing topologi terhadap kinerja jaringan.

Dalam melakukan analisis kinerja jaringan secara nyata, diperlukan suatu media pengujian yang disebut testbed, yaitu lingkungan eksperimen yang memungkinkan pengujian jaringan dilakukan secara langsung menggunakan perangkat keras yang sebenarnya. Penggunaan testbed pada WSN telah banyak diterapkan dalam berbagai penelitian, seperti pengembangan wireless sensor node testbed untuk monitoring lingkungan yang mampu melakukan pengiriman data secara *real-time* (Adedokun., nd.). Selain itu, penelitian lain juga menggunakan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan mengimplementasikan testbed ZigBee berbasis modul XBee untuk menganalisis performa jaringan pada kondisi lingkungan nyata, seperti pengaruh interferensi terhadap kualitas komunikasi (Dash & Peng, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa testbed merupakan pendekatan yang efektif dalam mengevaluasi performa jaringan WSN pada kondisi yang mendekati implementasi sebenarnya.

Berbagai penelitian telah memanfaatkan teknologi ZigBee pada sistem monitoring. (Sange & Widjaja, n.d.) mengimplementasikan ZigBee dengan topologi *Point-to-Point* untuk sistem monitoring kualitas udara. (Sirait et al., n.d.) menerapkan topologi *Mesh* pada sistem monitoring dan pengendalian budidaya ikan lele. Sementara itu, (Irsan, 2023) melakukan analisis kinerja jaringan ZigBee pada topologi *Star*, *Tree*, dan *Mesh* menggunakan parameter RSSI, throughput, dan delay.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada implementasi topologi tertentu atau perbandingan topologi yang terbatas, dengan perangkat keras, jumlah node, konfigurasi jaringan, dan kondisi pengujian yang berbeda-beda antar penelitian. Perbedaan tersebut menyebabkan hasil performa antar topologi yang dilaporkan pada penelitian-penelitian sebelumnya tidak dapat dibandingkan secara langsung, karena perbedaan kinerja yang teramati dapat dipengaruhi oleh perbedaan perangkat dan metode pengujian, bukan semata-mata oleh karakteristik topologi itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan satu platform testbed ZigBee yang mengintegrasikan topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh* dengan perangkat keras, konfigurasi node, parameter QoS, dan kondisi pengujian yang seragam, sehingga karakteristik masing-masing topologi dapat dievaluasi secara objektif dan dapat dibandingkan secara langsung pada kondisi pengujian yang setara.

Pemilihan topologi jaringan yang tepat menjadi faktor penting dalam implementasi WSN karena akan memengaruhi jangkauan komunikasi, keandalan pengiriman data, serta efisiensi penggunaan node. Kesalahan dalam pemilihan topologi dapat menyebabkan komunikasi data tidak optimal, baik dari segi cakupan area maupun konsumsi daya pada perangkat. Oleh karena itu, diperlukan studi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

komparatif yang mampu memberikan dasar pemilihan topologi ZigBee yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi WSN secara nyata.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengembangkan *Testbed Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis ZigBee multitopologi menggunakan modul XBee S2C yang mendukung topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh* dalam satu platform pengujian yang seragam, sehingga memungkinkan perbandingan karakteristik masing-masing topologi secara lebih objektif. Selanjutnya dilakukan analisis dan perbandingan kinerja jaringan berdasarkan parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *throughput*, *delay*, dan *Packet Delivery Ratio* (PDR).

Penggunaan sensor DHT22 dan LDR pada setiap *End Device* bertujuan untuk menghasilkan trafik data sensor yang menyerupai kondisi implementasi WSN sebenarnya, sehingga pengujian kinerja jaringan tidak hanya menggunakan data dummy, melainkan data hasil pembacaan suhu dan intensitas cahaya secara nyata. Dengan demikian, data suhu dan intensitas cahaya yang dihasilkan berfungsi sebagai sumber lalu lintas data pendukung selama proses pengujian, sedangkan parameter utama yang dianalisis tetap berfokus pada kinerja jaringan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun *Testbed Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis ZigBee multitopologi yang mendukung topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh*?
2. Bagaimana implementasi komunikasi data pada masing-masing topologi ZigBee dalam testbed yang dikembangkan, termasuk pengaturan peran node sebagai *End Device*, *Router*, dan *Coordinator* pada setiap topologi jaringan?
3. Bagaimana perbandingan kinerja jaringan WSN berbasis ZigBee pada topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh* berdasarkan parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *throughput*, *delay*, dan *Packet Delivery Ratio* (PDR)?

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun *Testbed Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis ZigBee multitopologi yang mendukung topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh*.
2. Mengimplementasikan mekanisme komunikasi dan pengiriman data pada testbed WSN berbasis ZigBee multitopologi dengan pengaturan peran node sebagai *End Device*, *Router*, dan *coordinator*.
3. Menganalisis dan membandingkan kinerja jaringan WSN berbasis ZigBee pada topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh* berdasarkan parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *throughput*, *delay*, dan *Packet Delivery Ratio* (PDR).

1.4 Luaran

Luaran yang dihasilkan dari penelitian ini adalah:

1. *Testbed Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis ZigBee multitopologi yang mendukung topologi *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh* untuk kebutuhan pengujian dan analisis kinerja jaringan.
2. Artikel ilmiah yang akan dipaparkan pada Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE).
3. Laporan Tugas Akhir

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

4.6 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Testbed Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis ZigBee multitopologi berhasil dirancang dan dibangun menggunakan modul XBee S2C dan mikrokontroler ESP32 DevKitC V4, dengan konfigurasi 3 *End Device*, 2 *Router*, dan 1 *Coordinator* yang mampu membentuk empat topologi jaringan, yaitu *Point-to-Point*, *Star*, *Tree*, dan *Mesh*, dalam satu platform pengujian yang seragam.
2. Implementasi komunikasi data berhasil dilakukan pada seluruh topologi dengan pengaturan peran node sebagai *Coordinator*, *Router*, dan *End Device* sesuai skema masing-masing, yaitu komunikasi langsung tanpa *Router* pada topologi *Point-to-Point* dan *Star*, serta komunikasi multi-hop melalui *Router* pada topologi *Mesh* dan *Tree*.
3. Berdasarkan perbandingan kinerja jaringan pada parameter RSSI, *throughput*, *delay*, dan PDR dalam kondisi *indoor* NLOS, topologi *Tree* menunjukkan kinerja paling unggul dan konsisten dengan PDR rata-rata tertinggi sebesar 84,42%, topologi *Mesh* unggul pada jarak dekat-menengah namun menurun tajam pada jarak 15 meter, topologi *Point-to-Point* mencatat *throughput* tertinggi namun rentan *packet loss* pada jarak jauh, sedangkan topologi *Star* mencatat PDR terendah akibat kontensi kanal.

Dengan demikian, seluruh rumusan masalah dan tujuan penelitian telah berhasil dijawab melalui perancangan testbed, implementasi komunikasi multitopologi, serta analisis perbandingan kinerja jaringan. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa tidak terdapat satu topologi ZigBee yang unggul secara mutlak pada seluruh kondisi, sehingga pemilihan topologi perlu disesuaikan dengan kebutuhan jarak, skala jaringan, dan tingkat keandalan yang diharapkan pada implementasi WSN secara nyata.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Pengujian dapat diperluas pada variasi jarak lebih jauh (≥ 20 m) disesuaikan dengan tempat pengujian dan kondisi *outdoor* untuk mengetahui batas jangkauan efektif tiap topologi.
2. Penelitian lanjutan dapat mengkaji pengaruh jumlah node yang lebih banyak (> 3 *End Device*) terhadap skalabilitas jaringan, khususnya kontensi kanal pada *Star* dan *overhead routing* pada *Mesh* dan *Tree*.
3. Optimasi posisi *Router* pada *Mesh* dan *Tree* perlu dikaji lebih lanjut berdasarkan pemetaan propagasi sinyal, guna meningkatkan PDR secara signifikan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Abdinoor, J. A., Hashim, Z. K., Horváth, B., Zsebő, S., Stencinger, D., Hegedüs, G., Bede, L., Ijaz, A., & Kulmány, I. M. (2025). Performance of Low-Cost Air Temperature Sensors and Applied Calibration Techniques—A Systematic Review. In *Atmosphere* (Vol. 16, Number 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/atmos16070842>
- Adu-Manu, K. S., Abdulai, J. D., Engmann, F., Akazue, M., Appati, J. K., Baiden, G. E., & Sarfo-Kantanka, G. (2022). WSN Architectures for Environmental Monitoring Applications. In *Journal of Sensors* (Vol. 2022). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2022/7823481>
- AlShuhail, A. S., Bhatia, S., Kumar, A., & Bhushan, B. (2022). Zigbee-Based Low Power Consumption Wearables Device for Voice Data Transmission. *Sustainability (Switzerland)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/su141710847>
- Azhari, Nasution, T. I., Sinaga, S. H., & Sudiati. (2023). Design of Monitoring System Temperature And Humidity Using DHT22 Sensor and NRF24L01 Based on Arduino. *Journal of Physics: Conference Series*, 2421(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2421/1/012018>
- Baqer, N. K., Salih, B. A., & Abbas, A. W. (n.d.). A Study of WSN Topologies for IEEE 802.15.4 ZigBee Standard. In *International Journal on Computational Engineering Journal*. Retrieved www.comien.org/index.php/comien
- Coboi, A., Nguyen, M. T., La, K. T., & Vu, T. C. (2023). Wireless Sensor Network Based Gas Monitoring System Utilizing ZigBee Technology. *Journal of Electronics and Electrical Engineering*. <https://doi.org/10.37256/jee.2220233418>
- Dalimunthe, M. E. (n.d.). *Wireless Sensor Network Performance Analysis for Indoor Air Quality Monitoring*. Retrieved <https://proceeding.pancabudi.ac.id/index.php/ICDSET/>
- Dash, B. K., & Peng, J. (2022). Zigbee Wireless Sensor Networks: Performance Study in an Apartment-Based Indoor Environment. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2144702>
- Development of a Wireless Sensor Node Test Bed for Real-Time Environmental Monitoring*. (n.d.).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Erry Yadie, Marson Ady Putra, & Muhammad Zaini Aqmal. (2025). Multifunction Meter 3 Fase Menggunakan Sensor Pzem-004t Berbasis Nodemcu Esp8266. *PoliGrid*, 6(1). <https://doi.org/10.46964/poligrid.v6i1.57>
- Fitriawan, H., Rohman, R. C., Herlinawati, H., & Purwiyanti, S. (2020). Pengukuran RSSI Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis ZigBee pada Berbagai Topologi. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 16(2). <https://doi.org/10.17529/jre.v16i2.15750>
- Ghobakhlou, A., Al-Hamid, D. Z., Zandi, S., & Cato, J. (2025). A Comprehensive Analysis of Security Challenges in ZigBee 3.0 Networks. *Sensors*, 25(15). <https://doi.org/10.3390/s25154606>
- Haque, K. F., Abdelgawad, A., & Yelamarthi, K. (2022). Comprehensive Performance Analysis of Zigbee Communication: An Experimental Approach with XBee S2C Module. *Sensors*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093245>
- Hussien, A. A., Abed, A. S., & Al-Quzwini, M. (2025). IMPLEMENTATION OF WIRELESS SENSOR NETWORK FOR ENERGY CONSUMPTION MONITORING AND CONTROL IN SMART HOME. *Kufa Journal of Engineering*, 16(4), 600–614. <https://doi.org/10.30572/2018/KJE/160435>
- IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks*. (n.d.). Retrieved <http://www.ieee.org/web/aboutus/whatis/policies/p9-26.html>.
- Irsan, F. (2023). *ANALISIS KINERJA TRANSMISI DATA UNTUK ALAT MONITORING SUHU RUANGAN MENGGUNAKAN MODUL XBEE S2C* (Vol. 20, Number 1).
- Ishaq Yanuar, M., Raharjo, S., & Iswahyudi, C. (2022). *ANALISIS QUALITY OF SERVICE LOW-RATE WIRELESS PERSONAL AREA NETWORK (LR-WPAN) PADA PROTOKOL ZIGBEE* (Vol. 10, Number 1).
- Istiyono, Y. P., & Firasanto, G. (2024). Implementasi Sistem Monitoring Running Hour dan Temperature pada Alat Berat Vibro HAMM dengan Teknologi IoT. *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 7(1), 108–116. <https://doi.org/10.32493/epic.v7i1.39346>
- Jamshed, M. A., Ali, K., Abbasi, Q. H., Imran, M. A., & Ur-Rehman, M. (2022). Challenges, Applications, and Future of Wireless Sensors in Internet of Things: A Review. In *IEEE Sensors Journal* (Vol. 22, Number 6, pp. 5482–5494). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2022.3148128>
- Khafidudin, T., & Atmadja, N. P. (n.d.-a). Pemrosesan Sinyal Dengan Sensor LDR (Light Dependent Resistor). In *Journal homepage*. Retrieved <http://ijere.iaescore.com>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Khafidudin, T., & Atmadja, N. P. (n.d.-b). Pemrosesan Sinyal Dengan Sensor LDR (Light Dependent Resistor). In *Journal homepage*. Retrieved <http://ijere.iaescore.com>

Kim, J. (2020). *Analysis and Optimization of DC Supply Range for the ESP32 Development Board*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.12798410.v3>

Kurniawan, A., Astriany Rizky, A., Studi Teknik Komputer, P., & Piksi Ganesha, P. (n.d.). *PERANCANGAN ALAT TIMBANG UNTUK REKAPITULASI PEMAKAIAN ZAT PEWARNA KAIN DI PT. INDO-RAMA SYNTHETIC TBK. MENGGUNAKAN ARDUINO WEMOS LOLIN S2 MINI DENGAN MODUL LOAD CELL HX711*. Retrieved <http://journal.piksi.ac.id/index.php/INFOKOM>

Lingkungan, J. T., Fitriani, R., Putra, D. B., Akhadi, D. H., Riyalda, B. F., Nur Sulistiawan, I., & Astasari, A. (2023). *Analisis Received Signal Strength Indicator (RSSI) Menggunakan Protokol ZigBee sebagai Media Transmisi Data Landslide Early Warning System (LEWS) di Area Bervegetasi Rapat: Studi Kasus Desa Cililin, Bandung Barat Received Signal Strength Indicator (RSSI) Analysis Using Zigbee Protocols for Data Transmission in Landslide Early Warning System (LEWS) at Dense Plantation Area: Case Study in Cililin, West Bandung*. 24(2), 323–329.

Majid, M., Habib, S., Javed, A. R., Rizwan, M., Srivastava, G., Gadekallu, T. R., & Lin, J. C. W. (2022). Applications of Wireless Sensor Networks and Internet of Things Frameworks in the Industry Revolution 4.0: A Systematic Literature Review. *Sensors*, 22(6). <https://doi.org/10.3390/s22062087>

Prasetyo Eka Putra, F. (n.d.). Sleep Mode: Strategi Efisiensi Wireless Sensor Network. *Informatics for Educators And Professionals: Journal of Informatics*, 8(1), 52–56.

Sange, R. Y., & Widjaja, D. (n.d.). *PENERAPAN ZIGBEE DALAM SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS IOT*.

Schiller, E., Huber, R., & Stiller, B. (2022). Python-Based TinyIPFIX in Wireless Sensor Networks. *Electronics (Switzerland)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/electronics11030472>

Setiabudi, D., Atmaja, D. I., Herdiyanto, D. W., & Rahardi, G. A. (2024). RSSI Measurement Analysis of Zigbee-Based Wireless Sensor Networks in Various Topologies for Solar Panel Monitoring. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 22(2), 255. <https://doi.org/10.24843/mite.2023.v22i02.p14>

Sirait, R., Pakpahan, A., Hutajulu, E., Medan, P. N., Teknik, A., & Serdang, D. (n.d.). *RANCANG BANGUN ALAT PENGENDALI KADAR PH DAN*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PEMANTAUAN TEMPERATUR AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI ZIGBEE BERBASIS ARDUINO MEGA. In *ATDS SAINTECH-Journal of Engineering E-ISSN* (Vol. 5, Number 1).

Teng, M., Al-Hamdawee, Z. M. A., Ali, A. B. M., Jin, K., & Ahmadi, M. (2025). Integrating digital twins and neural networks for real-time temperature management in smart homes: An innovative approach using ZigBee networks. *Energy Reports*, 13, 6201–6218. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.05.055>

Tjuana, M., Taunaumang, H., Lolowang, J., & Studi Fisika, P. (n.d.). Studi tentang Karakteristik Light Dependent Resistor. In *Oktober* (Vol. 4, Number 2).

Tsakalidis, S., Tsoulos, G., Kontaxis, D., & Athanasiadou, G. (2023). Design and Implementation of a Versatile OpenHAB IoT Testbed with a Variety of Wireless Interfaces and Sensors. *Telecom*, 4(3), 597–610. <https://doi.org/10.3390/telecom4030026>

Yanti Siregar, K., & Pangaribuan, H. (2025). DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENGENDALIAN GORDEN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR. *JURNAL COMASIE*, 12(03).

Zaripov, B., Khujamatov, H., Akhmedov, N., & Mirzaliev, S. (2023). Cross-Platform Real-Time Environment Monitoring System Based on Personal Area Networks (PAN). *ACM International Conference Proceeding Series*, 268–273. <https://doi.org/10.1145/3644713.3644748>

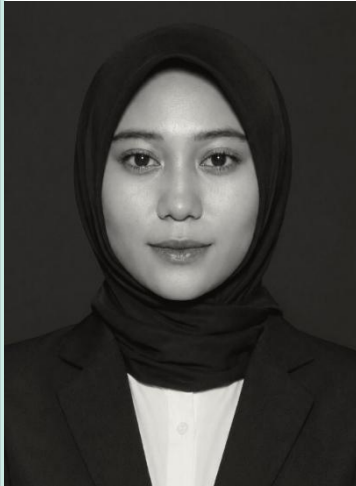
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Ananda Wizza Kayla, lahir pada 9 Desember 2003 di Bekasi, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Memulai pendidikan dasar di SDN 03 Pagi Pondok Ranggon. Selanjutnya, melanjutkan studi di SMP Negeri 196 Jakarta, kemudian melanjutkan pendidikan di MAN 14 Jakarta. Sampai skripsi ini dibuat, penulis masih merupakan mahasiswa aktif Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi D IV Broadband Multimedia.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

SPECIFICATIONS	XBee® S2C 802.15.4 XBee-PRO® S2C 802.15.4	
PERFORMANCE		
TRANSCIVER CHIPSET	Silicon Labs EM357 SoC	
DATA RATE	RF 250 Kbps, Serial up to 1 Mbps	
INDOOR/URBAN RANGE	200 ft (60 m)	300 ft (90 m)
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE	4000 ft (1200 m)	2 miles (3200 m)
TRANSMIT POWER	3.1 mW (+5 dBm) / 6.3 mW (+8 dBm) boost mode	63 mW (+18 dBm)
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)	-100 dBm / -102 dBm boost mode	-101 dBm
FEATURES		
SERIAL DATA INTERFACE	UART, SPI	
CONFIGURATION METHOD	API or AT commands, local or over-the-air (OTA)	
FREQUENCY BAND	ISM 2.4 GHz	
FORM FACTOR	Through-Hole, Surface Mount	
HARDWARE	S2C	
ADC INPUTS	(4) 10-bit ADC inputs	
DIGITAL I/O	15	
ANTENNA OPTIONS	Through-Hole: PCB Antenna, U.FL Connector, RPSMA Connector, or Integrated Wire SMT: RF Pad, PCB Antenna, or U.FL Connector	
OPERATING TEMPERATURE	-40° C to +85° C	
DIMENSIONS (L X W X H) AND WEIGHT	Through-Hole: 0.960 x 1.087 in (2.438 x 2.761 cm) SMT: 0.866 x 1.33 x 0.120 in (2.199 x 3.4 x 0.305 cm)	Through-Hole: 0.960 x 1.297 in (2.438 x 3.294 cm) SMT: 0.866 x 1.33 x 0.120 in (2.199 x 3.4 x 0.305 cm)
NETWORKING AND SECURITY		
PROTOCOL	XBee 802.15.4 (Proprietary 802.15.4)	
UPDATABLE TO DIGIMESH PROTOCOL	Yes	
UPDATABLE TO ZIGBEE PROTOCOL	Yes	
INTERFERENCE IMMUNITY	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	
ENCRYPTION	128-bit AES	
RELIABLE PACKET DELIVERY	Retries/Acknowledgements	
IDS	PAN ID and addresses, cluster IDs and endpoints (optional)	
CHANNELS	16 channels	15 channels
POWER REQUIREMENTS		
SUPPLY VOLTAGE	2.1 to 3.6V	2.7 to 3.6V
TRANSMIT CURRENT	33 mA @ 3.3 VDC / 45 mA boost mode	120 mA @ 3.3 VDC
RECEIVE CURRENT	28 mA @ 3.3 VDC / 31 mA boost mode	31 mA @ 3.3 VDC
POWER-DOWN CURRENT	<1 µA @ 25° C	<1 µA @ 25° C
REGULATORY APPROVALS		
FCC, IC (NORTH AMERICA)	Yes	Yes
ETSI (EUROPE)	Yes	No
RCM (AUSTRALIA AND NEW ZEALAND)	No (Coming soon)	No (Coming soon)
TELEC (JAPAN)	No (Coming soon)	No (Coming soon)