

SKRIPSI

**SIMULASI *WIRELESS SENSOR NETWORK*
MENGUNAKAN CASTALIA : STUDI KASUS *DATA
AGGREGATION***



Ferdinand Octavian

NPM: 2015730012

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2020**

UNDERGRADUATE THESIS

**WIRELESS SENSOR NETWORK SIMULATION USING
CASTALIA : CASE STUDY DATA AGGREGATION**



Ferdinand Octavian

NPM: 2015730012

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGUNAKAN CASTALIA : STUDI KASUS *DATA AGGREGATION*

Ferdinand Octavian

NPM: 2015730012

Bandung, 15 Juni 2020

Menyetujui,

Pembimbing

Elisati Hulu, M.T.

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Chandra Wijaya, M.T.

Vania Natali, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

SIMULASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGGUNAKAN CASTALIA : STUDI KASUS *DATA AGGREGATION*

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 15 Juni 2020

Ferdinand Octavian
NPM: 2015730012

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

SIMULASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGGUNAKAN CASTALIA : STUDI KASUS *DATA AGGREGATION*

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 15 Juni 2020

METERAI
TEMPEL
F122CAFF068075369

6000
ENAM RIBU RUPIAH

Ferdinand Octavian
NPM: 2015730012

ABSTRAK

Wireless Sensor Network(WSN) merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri atas node-node sensor. Node-node mempunyai antena untuk berkomunikasi, kemampuan komputasi, kemampuan deteksi kondisi lingkungan(suhu, kelembaban, dan lain-lain), dan juga sumber daya energi. Untuk menguji kondisi suatu lingkungan, diperlukan puluhan bahkan ratusan node. Node sensor tersebut sangat sulit didapat dan harganya relatif mahal di Indonesia. Hal ini menjadi masalah bagi pengembang/periset yang akan meneliti suatu kondisi lingkungan tertentu maupun untuk menguji algoritma/protokol yang baru

Solusi dari masalah diatas adalah menggunakan simulator jaringan. Salah satu simulator jaringan yang dapat digunakan adalah Castalia. Castalia sendiri merupakan *framework* simulator jaringan berbasis OMNeT++. Castalia menawarkan fitur-fitur simulasi yang dibangun dan didesain agar dapat menyerupai kondisi pengujian WSN di dunia nyata. Pada skripsi ini telah dirancang sebuah simulasi WSN dengan studi kasus *data aggregation* menggunakan Castalia.

Simulasi WSN menggunakan dengan studi kasus *data aggregation* memakai LEACH sebagai protokol *routingnya*. Beberapa pengujian akan dilakukan pada simulasi WSN dengan studi kasus *data aggregation* seperti konsumsi energi dan waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi. Pemilihan LEACH didasarkan pada pemilihan topologi yang akan digunakan yaitu topologi *cluster*. LEACH *routing* pun dapat membantu WSN untuk melakukan agregasi data dan menghemat daya sensor.

Kata-kata kunci: *Wireless Sensor Network*, Simulasi, Simulator, OMNeT++, Castalia, *Data Aggregation*, LEACH *Routing*, Topology *Cluster*

ABSTRACT

Wireless Sensor Network is a wireless network that consists of a set sensor nodes. Each node has an antenna to communicate, computing, sensing environment condition(temperature, humidity, etc.), and has it's own energy source. To test the environment condition, required a tens or event hundreds of sensor node. The sensor nodes are hard to get and relatively expensive in Indonesia. This become a new problem for developers/researchers who want to researching about some environment condition or to test new algorithm/protocol.

Solution for this problem is using a network simulator. Castalia itself is a network simulator with OMNeT++ based. Castalia offers a lot of simulation features that can imitated WSN test in real world. On this final project, a WSN simulation with data aggregation case study was designed using Castalia.

The WSN simulation with data aggregation study case is using LEACH as a routing protocol. Several test will be tested on this WSN simulation with data aggregation case study such as consumed energy and execution time required for the simulation. LEACH is chosen based on the topology used, cluster topology. LEACH routing can help WSN to aggregating data and saving sensor power.

Keywords: Wireless Sensor Network, Simulation, Simulator, OMNeT++, Castalia, Data Aggregation, LEACH Routing, Cluster Topology

Dipersembahkan untuk keluarga dan orang-orang terdekat penulis

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Simulasi *Wireless Sensor Network* Menggunakan Castalia : Studi Kasus *Data Aggregation*". Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan pengetahuan dan pengalaman baru dengan bantuan dan dukungan secara positif baik secara langsung maupun tidak langsung dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berperan dalam penulisan skripsi ini. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, serta kakak dari penulis yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Elisati Hulu, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan dan masukan selama penyusunan skripsi
3. Bapak Chandra Wijaya, M.T. dan Ibu Vania Natalia, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk memperbaiki penyusunan skripsi ini.
4. Chrisandy Arief, Dandy Unggana, Sutyoso, Vincent Gunawan yang telah mendukung dan menyemangati penulis untuk menuntaskan penulisan skripsi ini.
5. Rekan-rekan teknik informatika angkatan 2015 yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
6. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulisan skripsi ini dengan memberikan do'a dan semangat kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat dalam memberikan kontribusi untuk pembelajaran dan penelitian selanjutnya.

Bandung, Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
DAFTAR KODE PROGRAM	xxv
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Pembahasan	2
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Sensor [1]	5
2.2 Wireless Sensor Network	5
2.2.1 Definisi [2]	5
2.2.2 Arsitektur WSN [2]	6
2.2.3 Topologi WSN [2]	7
2.2.4 Penerapan WSN	9
2.3 Simulasi dan Simulator [3]	9
2.3.1 Definisi Simulasi	9
2.3.2 Definisi Simulator	9
2.4 Simulator Jaringan Sensor	10
2.4.1 OMNeT++ [4]	10
2.4.2 Castalia[5]	12
2.5 Algoritma Data Aggregation [6]	23
2.5.1 Pengertian Algoritma Data Aggregation	23
2.5.2 Data Aggregation pada WSN [7]	25
2.5.3 Protokol Agregasi Data pada Topologi <i>Cluster</i> [8]	26
3 ANALISIS	29
3.1 Analisis Simulator Castalia	29
3.1.1 Analisis Cara Kerja Simulasi dan Fitur di Castalia	29
3.1.2 Analisis Mengenai Protokol LEACH dan Simulasi LEACH di WSN	33
3.2 Analisis Studi Kasus <i>Data Aggregation</i>	34
3.2.1 Analisis Pengiriman Data Pada Topologi <i>Flat</i>	35
3.2.2 Analisis Pengiriman Data Pada Topologi <i>Cluster</i>	35

3.2.3	Activity Diagram Simulasi WSN Studi Kasus <i>Data Aggregation</i>	36
3.3	Analisis Algoritma dan Protokol	36
3.3.1	Analisis Mengenai Agregasi Data Pada WSN	36
3.4	Analisis Algoritma untuk <i>Generate Data Suhu</i> [9]	37
3.5	Analisis untuk <i>Generate Data Kelembaban</i>	38
3.6	Use Case Diagram dan Skenario	38
3.6.1	Use Case Diagram	38
3.6.2	Skenario	38
4	PERANCANGAN	41
4.1	Perancangan Simulasi WSN Menggunakan Castalia	41
4.1.1	Aplikasi	41
4.1.2	Physical Process	43
4.1.3	Communication	44
4.1.4	SensorManager	44
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	47
5.1	Implementasi	47
5.1.1	Lingkungan Perangkat Keras	47
5.1.2	Lingkungan Perangkat Lunak	47
5.1.3	Implementasi Simulasi WSN Menggunakan Castalia	47
5.2	Pengujian Simulasi	52
5.2.1	Visualisasi Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> Untuk Pengujian	52
5.2.2	Konfigurasi Simulasi	53
5.2.3	Hasil Pengujian Simulasi pada Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i>	55
5.2.4	Kesimpulan Pengujian	125
6	KESIMPULAN DAN SARAN	127
6.1	Kesimpulan	127
6.2	Saran	127
	DAFTAR REFERENSI	129
	A KODE PROGRAM	131
	B HASIL EKSPERIMEN	145

DAFTAR GAMBAR

2.1	<i>Wireless Sensor Networks</i>	6
2.2	Arsitektur WSN	7
2.3	<i>Flat Topology</i> di WSN	8
2.4	<i>Cluster Topology</i> di WSN	8
2.5	Contoh IDE OMNeT++	10
2.6	OverSim	11
2.7	Castalia	12
2.8	Struktur modul Castalia	13
2.9	Struktur internal modul node	14
2.10	Struktur Modul Castalia	17
2.11	<i>Method VirtualApplication</i>	18
2.12	<i>Method VirtualRouting</i>	20
2.13	<i>Method VirtualMac</i>	22
2.14	Agregasi Data pada WSN	25
3.1	Daftar Konfigurasi yang Tersedia di radioTest	29
3.2	Simulasi radioTest	29
3.3	File Keluaran Hasil Simulasi	30
3.4	Baca File <i>Tracing</i>	30
3.5	Hasil Keluaran dengan CastaliaResults	30
3.6	Baca Hasil Keluaran dengan CastaliaResults	30
3.7	Baca Keluaran dengan CastaliaResults Per Node	31
3.8	Interferensi karena Perpindahan Node	31
3.9	<i>Collision</i> Pada Node Sensor Saat Mengirim Paket	31
3.10	Peningkatan Kekuatan Transmisi	32
3.11	BridgeTest Tanpa Variasi <i>Duty Cycle</i>	32
3.12	BridgeTest Dengan Variasi <i>Duty Cycle</i>	32
3.13	19 Mobil	33
3.14	101 Mobil	33
3.15	BridgeTest dengan MultipathRingsRouting	33
3.16	BridgeTest Tanpa Routing	33
3.17	Topologi <i>Cluster</i> Pada Studi Kasus <i>Data Aggregation</i>	35
3.18	Activity Diagram	36
3.19	Use Case Diagram	38
4.1	Modul Aplikasi	41
5.1	Visualisasi Topologi <i>Cluster</i>	52
5.2	Visualisasi Topologi <i>Flat</i>	53
5.3	Perbandingan Konsumsi Energi Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> dengan collisionModel 0	56
5.4	Perbandingan Konsumsi Energi Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> dengan collisionModel 1	57
5.5	Perbandingan Konsumsi Energi Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> dengan collisionModel 2	57
5.7	Perbandingan <i>Execution Time</i> Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> dengan collisionModel 2	59

5.6	Perbandingan <i>Execution Time</i> Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> dengan collisionModel 0	59
5.8	Perbandingan <i>Execution Time</i> Topologi <i>Flat</i> dan <i>Cluster</i> dengan collisionModel 2	60
5.9	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 2 <i>cluster</i> dan collisionModel 0	64
5.10	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 2 <i>cluster</i> dan collisionModel 1	64
5.11	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 2 <i>cluster</i> dan collisionModel 2	65
5.12	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	66
5.13	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	67
5.14	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	67
5.15	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 3 <i>cluster</i> dan collisionModel 0	70
5.16	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 3 <i>cluster</i> dan collisionModel 1	70
5.17	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 3 <i>cluster</i> dan collisionModel 2	71
5.18	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	72
5.19	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	73
5.20	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	73
5.21	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 4 <i>cluster</i> dan collisionModel 0	77
5.22	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 4 <i>cluster</i> dan collisionModel 1	77
5.23	Perbandingan Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 4 <i>cluster</i> dan collisionModel 2	78
5.24	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	79
5.25	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	80
5.26	Perbandingan <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	80
5.27	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	85
5.28	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	85
5.29	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	86
5.30	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	87
5.31	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	88
5.32	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	88
5.33	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	91
5.34	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	91
5.35	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	92
5.36	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	93
5.37	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	94
5.38	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	94
5.39	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	98
5.40	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	98
5.41	Perbandingan Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	99
5.42	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	100
5.43	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	101
5.44	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	101
5.45	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	106
5.46	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	106
5.47	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	107
5.48	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	108
5.49	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	109
5.50	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	109
5.51	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	112
5.52	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	112
5.53	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	113
5.54	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	114
5.55	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1	115
5.56	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2	115
5.57	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0	119

5.58	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 4 Cluster dan collisionModel 1 .	119
5.59	Perbandingan Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 4 Cluster dan collisionModel 2 .	120
5.60	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 0 . .	121
5.61	Perbandingan <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i> dan collisionModel 1 . .	122
5.62	Perbandingan <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i> dan collisionModel 2 . .	122
B.1	Hasil Agregasi Data	145

DAFTAR TABEL

3.1	Tabel Skenario Menjalankan Simulasi	39
3.2	Tabel Skenario Baca Output File	39
5.1	Tabel Konsumsi Energi 10 Sensor pada Topologi <i>Cluster</i>	55
5.2	Tabel Konsumsi Energi 10 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	56
5.3	Tabel <i>Execution Time</i> 10 Sensor Topologi <i>Cluster</i>	58
5.4	Tabel <i>Execution Time</i> 10 Sensor Topologi <i>Flat</i>	58
5.5	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 10 Sensor	62
5.6	Tabel Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	63
5.7	Tabel Konsumsi Energi 20 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	63
5.8	Tabel <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	65
5.9	Tabel <i>Execution Time</i> 20 Sensor Topologi <i>Flat</i>	66
5.10	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 20 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	68
5.11	Tabel Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	69
5.12	Tabel Konsumsi Energi 20 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	69
5.13	Tabel <i>Execution Time</i> 20 Sensor 3 <i>Cluster</i>	71
5.14	Tabel <i>Execution Time</i> 20 Sensor Topologi <i>Flat</i>	72
5.15	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 20 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	76
5.16	Tabel Konsumsi Energi 20 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	76
5.17	Tabel Konsumsi Energi 20 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	76
5.18	Tabel <i>Execution Time</i> 20 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	78
5.19	Tabel <i>Execution Time</i> 20 Sensor Topologi <i>Flat</i>	79
5.20	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 20 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	83
5.21	Tabel Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	84
5.22	Tabel Konsumsi Energi 30 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	84
5.23	Tabel <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	86
5.24	Tabel <i>Execution Time</i> 30 Sensor Topologi <i>Flat</i>	87
5.25	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 30 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	89
5.26	Tabel Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	90
5.27	Tabel Konsumsi Energi 30 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	90
5.28	Tabel <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	92
5.29	Tabel <i>Execution Time</i> 30 Sensor Topologi <i>Flat</i>	93
5.30	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 30 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	97
5.31	Tabel Konsumsi Energi 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	97
5.32	Tabel Konsumsi Energi 30 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	97
5.33	Tabel <i>Execution Time</i> 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	99
5.34	Tabel <i>Execution Time</i> 30 Sensor Topologi <i>Flat</i>	100
5.35	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 30 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	104
5.36	Tabel Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	105
5.37	Tabel Konsumsi Energi 50 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	105
5.38	Tabel <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	107
5.39	Tabel <i>Execution Time</i> 50 Sensor Topologi <i>Flat</i>	108

5.40	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 50 Sensor dengan 2 <i>Cluster</i>	110
5.41	Tabel Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	111
5.42	Tabel Konsumsi Energi 50 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	111
5.43	Tabel <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	113
5.44	Tabel <i>Execution Time</i> 50 Sensor Topologi <i>Flat</i>	114
5.45	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 50 Sensor dengan 3 <i>Cluster</i>	118
5.46	Tabel Konsumsi Energi 50 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	118
5.47	Tabel Konsumsi Energi 50 Sensor pada Topologi <i>Flat</i>	118
5.48	Tabel <i>Execution Time</i> 50 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	120
5.49	Tabel <i>Execution Time</i> 50 Sensor Topologi <i>Flat</i>	121
5.50	Hasil Agregasi Topologi <i>Cluster</i> 50 Sensor dengan 4 <i>Cluster</i>	125

DAFTAR KODE PROGRAM

5.1	<i>Method</i> startup()	47
5.2	<i>Method</i> timerFiredCallback()	48
5.3	<i>Method</i> fromNetworkLayer()	48
5.4	<i>Method</i> handleSensorReading()	49
5.5	<i>Method</i> createGenericDataPacket2()	49
5.6	<i>Generate</i> Suhu dan Kelembaban	49
5.7	Modifikasi LEACH <i>Routing</i>	51
5.8	Modifikasi SensorManager	51
5.9	Konfigurasi Topologi <i>Flat</i>	53
5.10	Konfigurasi Topologi <i>Cluster</i>	54
A.1	omnetpp.ini	131
A.2	DataAggregation.cc	132
A.3	CustomizablePhysicalProcess.cc	133
A.4	LeachRouting.cc	139

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wireless Sensor Network merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri atas node-node sensor. Masing-masing node sensor mempunyai bagian seperti antena untuk berkomunikasi, *microcontroller* untuk melakukan komputasi, serta sensor dan sumber daya energi seperti baterai. Jaringan sensor nirkabel tersebut dapat digunakan untuk melakukan *monitoring*, *tracking* dan deteksi event pada area fisik tertentu seperti pegunungan/perbukitan, perairan, dan lain-lain. Sensor tersebut dapat berkomunikasi satu sama lain dan mengirimkan data hasil pengukuran kondisi lingkungan (seperti temperatur, tingkat kebisingan, tingkat polusi, dan lainnya) yang kemudian dikirimkan pada *base station*.

Untuk melakukan pendeteksian pada suatu area fisik tertentu, diperlukan puluhan bahkan ratusan node-node sensor yang saling terhubung satu sama lain. Di Indonesia sendiri, sensor-sensor tersebut sangat sulit didapat dan harganya pun relatif mahal. Salah satu cara untuk mendapatkan sensor-sensor diatas adalah dengan memesannya dari luar negeri. Tentunya hal ini menjadi masalah baru yang dihadapi oleh pengembang/periset yang akan meneliti kondisi suatu lingkungan tertentu ataupun menguji algoritma dan protokol yang akan disimulasikan di *Wireless Sensor Network*.

Salah satu solusi dari masalah yang dihadapi pengembang/periset adalah dengan menggunakan simulator. Dari sekian banyak simulator jaringan yang ada seperti NS2, NS3, OMNeT++, Opnet dan NETSIM, OMNeT++ adalah simulator yang banyak digunakan untuk melakukan simulasi jaringan. OMNeT++ memiliki banyak kelebihan seperti *open source*, mendukung berbagai simulasi protokol komunikasi, dan dapat digunakan secara bebas oleh pelajar maupun periset. Karena OMNeT++ bersifat *open source*, maka ada banyak *framework* berbasis OMNeT++ seperti Castalia. Castalia menjadi salah satu dari banyak *framework* yang dikembangkan dalam OMNeT++ dan digunakan untuk mensimulasikan aplikasi *Wireless Sensor Network*.

Castalia adalah sebuah *framework* simulator jaringan berbasis OMNet++ yang sering digunakan pengembang/periset untuk menguji algoritma dan protokol yang digunakan di *Wireless Sensor Network*. Castalia memiliki berbagai fitur simulasi yang dibangun dan didesain sesuai dengan dunia nyata agar dapat menyerupai situasi pendeteksian sensor di dunia nyata. Skripsi ini akan melakukan studi kasus mengenai algoritma *Data Aggregation* pada simulasi *Wireless Sensor Network* menggunakan *framework* Castalia. Sensor node pada simulator ini akan mengumpulkan hasil pengukurannya pada *base station* yang nantinya akan diolah dengan algoritma *Data Aggregation* untuk meringkas volume data yang dikirim dan menghemat energi jaringan WSN.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana cara membangun simulasi *Wireless Sensor Network* menggunakan Castalia?
- Bagaimana membangun aplikasi simulasi algoritma dan protokol tertentu di WSN menggunakan Castalia?

- Bagaimana membangun simulasi agregasi data di WSN?

1.3 Tujuan

Tujuan dibuatnya skripsi ini adalah :

- Studi mengenai simulator WSN Castalia
- Melakukan modifikasi di beberapa modul Castalia untuk menerapkan algoritma dan protokol tertentu di WSN
- Membangun simulasi agregasi data di WSN menggunakan Castalia

1.4 Batasan Masalah

Untuk lebih membatasi dan mengarahkan pembahasan terhadap tujuan yang ingin dicapai tersebut, maka ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

- Topologi yang dipilih adalah *Cluster Topology*.
- Data pengukuran yang diambil hanya suhu dan kelembaban saja.
- Data diagregasikan di setiap *cluster* sensor yang ada sebelum dikirim ke *Sink/Base Station*.

1.5 Metodologi

Bagian-bagian pekerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari permasalahan dari topik skripsi ini.
2. Membaca dan melakukan studi literatur mengenai *Wireless Sensor Network*
3. Mempelajari algoritma agregasi data serta protokol *Wireless Sensor Network*
4. Mempelajari *framework* yang akan digunakan dalam simulasi *Wireless Sensor Network* yaitu Castalia
5. Melakukan perancangan simulasi, algoritma dan protokol komunikasi pada simulator
6. Mengimplementasikan rancangan simulasi
7. Melakukan pengujian fitur-fitur yang sudah dibuat
8. Menulis dokumen skripsi 1 dan 2

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan pada Simulasi Wireless Sensor Network(WSN) menggunakan Castalia : Studi Kasus Data Aggregation adalah :

1. Bab 1 Pendahuluan
Bab 1 berisi tentang latar belakang masalah yang mendasari pembuatan skripsi ini, rumusan masalah yang muncul dari latar belakang, tujuan dibuatnya skripsi ini, batasan masalah yang ditetapkan pada skripsi ini, metodologi penelitian yang digunakan, dan sistematika pembahasan penulisan skripsi ini.

2. Bab 2 Landasan Teori

Bab 2 berisi dasar-dasar teori sebuah sensor, *Wireless Sensor Network*(WSN), simulasi dan simulator, simulator jaringan sensor, dan algoritma *data aggregation* yang akan digunakan pada skripsi ini.

3. Bab 3 Analisis

Bab 3 berisi tentang analisis simulator jaringan yang digunakan yaitu Castalia, studi kasus *data aggregation*, algoritma dan protokol yang digunakan, cara untuk melakukan *generate* data suhu dan kelembaban serta *Use Case Diagram* dan Skenarionya.

4. Bab 4 Perancangan

Bab 4 berisi tentang perancangan modul-modul yang digunakan untuk melakukan simulasi WSN dengan studi kasus *data aggregation*.

5. Bab 5 Implementasi dan Pengujian

Bab 5 berisi implementasi dari rancangan yang telah dibuat serta pengujian simulasi WSN untuk mendapat hasil konsumsi energi, waktu eksekusi dan hasil akhir agregasi data.

6. Bab 6 Kesimpulan dan Saran

Bab 6 berisi kesimpulan yang dapat diambil dari pembuatan skripsi ini oleh penulis serta saran untuk pengembangan skripsi ini di masa yang akan datang.

