

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN APLIKASI AGREGASI DATA  
AKSELEROMETER DI WSN**



**Chrissandi Sutrisno**

**NPM: 2016730057**

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



**UNDERGRADUATE THESIS**

**DEVELOPMENT OF ACCELEROMETER DATA  
AGGREGATION APPLICATION IN WSN**



**Chrissandi Sutrisno**

**NPM: 2016730057**

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

## PERNYATAAN

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

### PENGEMBANGAN APLIKASI AGREGASI DATA AKSELEROMETER DI WSN

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 11 Juni 2020



Chrissandi Sutrisno  
NPM: 2016730057



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGEMBANGAN APLIKASI AGREGASI DATA  
AKSELEROMETER DI WSN**

**Chrissandi Sutrisno**

**NPM: 2016730057**

**Bandung, 11 Juni 2020**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

**Elisati Hulu, M.T.**

**Ketua Tim Penguji**

**Anggota Tim Penguji**

**Chandra Wijaya, M.T.**

**Raymond Chandra Putra, 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:

### **PENGEMBANGAN APLIKASI AGREGASI DATA AKSELEROMETER DI WSN**

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 11 Juni 2020

Chrissandi Sutrisno  
NPM: 2016730057





## ABSTRAK

*Wireless sensor network* (WSN) merupakan sekumpulan node berupa sensor yang dapat berkomunikasi antar node sensor, melakukan pengambilan data parameter ukur, dan kemudian mengirimkannya pada sebuah node sentral untuk dilakukan pengolahan data. WSN memiliki keterbatasan dalam sumber daya yaitu energi, *bandwidth*, dan memori. *Cluster-based* WSN merupakan struktur pada jaringan sensor yang memiliki *base station*, *cluster head*, dan node sensor yang merupakan anggota pada suatu *cluster*.

Agregasi data merupakan proses pengumpulan data yang digunakan untuk tujuan tertentu. Agregasi data memiliki peran yang sangat penting untuk mengurangi jumlah transmisi di WSN. *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan algoritma untuk mereduksi dimensi data yang dapat digunakan untuk agregasi data akselerometer pada sensor.

Aplikasi ini berhasil dibangun dengan menggunakan PCA untuk mengagregasi data akselerometer pada *cluster-based* WSN. Pengujian dilakukan dengan mengukur selisih waktu pengambilan data untuk agregasi. Jumlah node sensor dan jumlah data yang diambil mempengaruhi selisih waktu pengambilan data. Semakin besar jumlah node sensor dan waktu mengukur data akselerometer, maka semakin besar jeda waktu antar proses pengukuran data.

**Kata-kata kunci:** Cluster-based WSN, Agregasi, PCA



## ABSTRACT

*Wireless sensor network* (WSN) is a set of sensor nodes that can communicate with others, taking some kind of data, and then send it to the central node for data processing. WSN has limited resources of energy, bandwidth, and memory. Cluster-based WSN is a sensor network structure that consist of base station, cluster head, and sensor nodes which are members of a cluster.

Data aggregation is a process of collecting data for some purpose. Data aggregation has an important role for reducing the number of required data transmission in WSN. *Principal Component Analysis* (PCA) is a dimensionality reduction algorithm that can be used for aggregating the sensor accelerometer data. The development of application used PCA for aggregating the sensor accelerometer data in WSN. The test was done by measuring time difference of taking data for aggregation.

This application successfully developed using PCA for aggregating the accelerometer data in cluster-based WSN. The greater the number of sensor nodes and time measuring accelerometer data, the greater the time difference between the data measurement processes.

**Keywords:** Cluster-based WSN, Aggregation, PCA



*Dipersembahkan untuk teman - teman, keluarga, dan Tuhan YME*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan YME atas berkat yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Pengembangan Aplikasi Agregasi Data Akselerometer di WSN** dengan baik dan tepat waktu. Penulis juga berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu

1. Keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
2. Bapak Elisati Hulu sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Chandra Wijaya dan Bapak Raymond Chandra Putra sebagai dosen penguji yang telah membantu dalam menguji dan memperbaiki tugas akhir ini.
4. Vincentius, Frans, Hans, William, dan Vania sebagai sahabat yang selalu mendukung penulis dalam perkuliahan maupun diluar perkuliahan.
5. Jojo, Zaki, Vinson, Dian, Lara, dan Dini sebagai rekan seperjuangan selama kuliah yang telah membantu penulis selama kuliah.
6. Michael, Ivan, dan Kak Qolbi yang merupakan rekan seperjuangan tugas akhir dibawah bimbingan Pak Elisati.
7. Vinson, Triny, dan Intan yang telah membantu beberapa hal untuk kelancaran tugas akhir ini.

Bandung, Juni 2020

Penulis





# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xix</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
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
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Wireless Sensor Network</i> . . . . .	3
2.1.1 Node Sensor [1, 2] . . . . .	3
2.1.2 Arsitektur Jaringan WSN . . . . .	5
2.1.3 Sistem Operasi [2] . . . . .	9
2.1.4 Protokol Stack pada <i>Wireless Sensor Network</i> [3] . . . . .	11
2.2 Akselerometer . . . . .	12
2.3 PreonVM [4] . . . . .	13
2.3.1 Preon32 [5, 6] . . . . .	14
2.3.2 Library JVM Preon32 [7] . . . . .	15
2.4 Teknik Agregasi Data pada WSN Berdasarkan Arsitektur [8] . . . . .	16
2.4.1 Agregasi Data pada Arsitektur Flat Network . . . . .	17
2.4.2 Agregasi Data pada Arsitektur Hierarchial Network . . . . .	17
2.5 Algoritma PCA( <i>Principal Component Analysis</i> ) untuk Agregasi Data [9, 10] . . . . .	20
2.6 Library Jama . . . . .	21
<b>3 ANALISIS</b>	<b>23</b>
3.1 Deskripsi Perangkat Lunak . . . . .	23
3.2 Analisis Topologi Jaringan . . . . .	24
3.3 Analisis Perangkat Lunak . . . . .	25
3.3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak . . . . .	25
3.3.2 <i>Use Case Diagram</i> . . . . .	25
3.3.3 <i>Use Case</i> Skenario . . . . .	26
3.3.4 Diagram Kelas Sederhana . . . . .	29
3.4 Analisis Agregasi Data Sensor Akselerometer pada WSN . . . . .	31
<b>4 PERANCANGAN</b>	<b>33</b>
4.1 Perancangan Antarmuka . . . . .	33
4.2 Perancangan <i>Routing</i> pada Aplikasi Agregasi Data Akselerometer di WSN . . . . .	34

4.3	Perancangan Masukan dan Keluaran . . . . .	34
4.4	Perancangan Pesan . . . . .	34
4.5	Perancangan Interaksi Antar Node . . . . .	36
4.5.1	Diagram Sequence Synchronize Time . . . . .	36
4.5.2	Diagram Sequence Check Online Node . . . . .	37
4.5.3	Diagram Sequence Start Sensing . . . . .	38
4.5.4	Diagram Sequence Start Aggregating . . . . .	39
4.5.5	Diagram Sequence Stop . . . . .	40
4.6	Perancangan Kelas Aplikasi Agregasi Data Akselerometer di WSN . . . . .	41
4.6.1	Diagram Kelas Perangkat Lunak . . . . .	41
4.6.2	Detil Setiap Diagram Kelas . . . . .	45
4.7	Perancangan Pseudocode Aplikasi Agregasi Data Akselerometer di WSN . . . . .	53
4.7.1	Base Station . . . . .	53
4.7.2	Cluster Head . . . . .	56
4.7.3	Node Sensor . . . . .	59
4.7.4	PCA . . . . .	60
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN</b>	<b>63</b>
5.1	Implementasi . . . . .	63
5.1.1	Lingkungan Implementasi . . . . .	63
5.1.2	Implementasi Antarmuka Perangkat Lunak . . . . .	63
5.1.3	Implementasi Perangkat Lunak . . . . .	65
5.2	Pengujian . . . . .	73
5.2.1	Pengujian Fungsional . . . . .	73
5.2.2	Pengujian Eksperimental . . . . .	75
5.2.3	Kesimpulan Hasil Eksperimen . . . . .	80
5.3	Masalah yang Dihadapi pada Saat Implementasi . . . . .	80
<b>6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>81</b>
6.1	Kesimpulan . . . . .	81
6.2	Saran . . . . .	81
	<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>83</b>
	<b>A KODE PROGRAM</b>	<b>85</b>
	<b>B HASIL EKSPERIMEN 1 <i>Cluster Head</i> DENGAN 1 ANGGOTA <i>Cluster</i></b>	<b>99</b>
	<b>C HASIL EKSPERIMEN 1 <i>Cluster Head</i> DENGAN 2 ANGGOTA <i>Cluster</i></b>	<b>101</b>
	<b>D HASIL EKSPERIMEN 1 <i>Cluster Head</i> DENGAN 3 ANGGOTA <i>Cluster</i></b>	<b>103</b>
	<b>E HASIL EKSPERIMEN 1 <i>Cluster Head</i> DENGAN 4 ANGGOTA <i>Cluster</i></b>	<b>105</b>
	<b>F HASIL EKSPERIMEN 2 <i>Cluster Head</i> DENGAN 3 ANGGOTA <i>Cluster</i></b>	<b>107</b>
	<b>G CONTOH HASIL START SENSING PADA FILE TEXT</b>	<b>109</b>
	<b>H CONTOH HASIL START AGGREGATING YANG DISIMPAN PADA FILE TEXT</b>	<b>111</b>

## DAFTAR GAMBAR

2.1 <i>Wireless Sensor Network</i> . . . . .	3
2.2 Struktur Node WSN . . . . .	4
2.3 Arsitektur Hierarki . . . . .	5
2.4 Arsitektur Flat . . . . .	6
2.5 Topologi <i>Point-to-point</i> . . . . .	6
2.6 Topologi Bus . . . . .	6
2.7 Topologi Linear . . . . .	7
2.8 Topologi Ring . . . . .	7
2.9 Topologi <i>Star</i> . . . . .	7
2.10 Topologi <i>Tree</i> . . . . .	8
2.11 Topologi <i>Partially Connected Mesh</i> . . . . .	8
2.12 Topologi <i>Fully Connected Mesh</i> . . . . .	8
2.13 Interaksi Modul pada SOS . . . . .	9
2.14 Arsitektur Interaksi Layanan Cotinki . . . . .	10
2.15 Arsitektur LiteOS . . . . .	10
2.16 Protokol Stack pada WSN . . . . .	11
2.17 Preon32 . . . . .	14
2.18 <i>Cluster-based Networks</i> . . . . .	18
2.19 <i>Chain-based Networks</i> . . . . .	18
2.20 <i>Tree-based Networks</i> . . . . .	19
2.21 <i>In-Network Aggregation Scheme</i> . . . . .	19
2.22 <i>Grid-based Aggregation Scheme</i> . . . . .	20
2.23 Ilustrasi PCA . . . . .	20
3.1 Alur Komunikasi . . . . .	24
3.2 Topologi WSN . . . . .	24
3.3 Diagram <i>Use Case</i> . . . . .	25
3.4 Diagram Kelas Sederhana Node Sensor . . . . .	29
3.5 Diagram Kelas Sederhana <i>Cluster Head</i> . . . . .	29
3.6 Diagram Kelas Sederhana <i>Base Station</i> . . . . .	30
3.7 Diagram Kelas Sederhana AppHandler . . . . .	30
4.1 Rancangan Antarmuka . . . . .	33
4.2 Diagram Sequence "Synchronize Time" . . . . .	36
4.3 Diagram Sequence "Check Online Node" . . . . .	37
4.4 Diagram Sequence "Start Sensing" . . . . .	38
4.5 Diagram Sequence "Start Aggregating" . . . . .	39
4.6 Diagram Sequence "Stop" . . . . .	40
4.7 Diagram Kelas Node Sensor . . . . .	41
4.8 Diagram Kelas Sederhana <i>Cluster Head</i> . . . . .	42
4.9 Diagram Kelas Sederhana <i>Base Station</i> . . . . .	43
4.10 Diagram Kelas Sederhana User Apps . . . . .	44
4.11 Diagram Kelas AccelerationSensor . . . . .	45

4.12	Diagram Kelas BaseStation	46
4.13	Diagram Kelas ClusterHead	47
4.14	Diagram Kelas NodeSensor	50
4.15	Diagram Kelas PCA	51
4.16	Diagram Kelas HandlerAppsController	52
5.1	Tampilan Awal Antarmuka	64
5.2	Tampilan setelah melakukan Synchronize Time dan Start Aggregating	64
5.3	Tampilan setelah melakukan Check Online Node dan Start Sensing	65
5.4	Tampilan Synchronize Time	73
5.5	Tampilan Check Online Node	74
5.6	Tampilan Start Sensing	74
5.7	Tampilan Start Aggregating	75
5.8	Arsitektur 1 Cluster Head dan 1 Anggota	75
5.9	Grafik Perbandingan Waktu Pada 1 Cluster Head dan 1 Anggota	76
5.10	Arsitektur 1 Cluster Head dan 2 Anggota	76
5.11	Grafik Perbandingan Waktu Pada 1 Cluster Head dan 2 Anggota	77
5.12	Arsitektur 1 Cluster Head dan 3 Anggota	77
5.13	Grafik Perbandingan Waktu Pada 1 Cluster Head dan 3 Anggota	78
5.14	Arsitektur 1 Cluster Head dan 4 Anggota	78
5.15	Grafik Perbandingan Waktu Pada 1 Cluster Head dan 4 Anggota	79
5.16	Grafik Perbandingan Waktu pada Topologi yang Telah Dirancang	79

# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika pembahasan.

### 1.1 Latar Belakang

*Wireless sensor network* (WSN) merupakan kumpulan node berupa sensor yang dapat berkomunikasi antar node sensor, melakukan pengambilan data parameter ukur, dan kemudian mengirimkannya pada sebuah node sentral untuk dilakukan pengolahan data [2]. Setiap sensor dilengkapi kemampuan *sensing*, proses data, dan berkomunikasi secara nirkabel. Akan tetapi WSN memiliki keterbatasan dalam sumber daya yaitu energi, *bandwidth*, dan memori.

WSN dapat digunakan pada banyak bidang dalam kehidupan sehari - hari. WSN dapat digunakan pada bidang kemananan, perumahan, kesehatan, dll. WSN digunakan pada bidang pertanian untuk memantau kondisi suatu ladang seperti mengetahui seberapa tinggi tingkat keasaman tanah, tingkat kelembapan udara, panas suhu, seberapa kencang angin yang berhembus, hingga intensitas cahaya matahari yang menyinari, secara *realtime*, dan dengan akurasi yang tinggi. WSN juga mulai digunakan pada bidang kesehatan [2]. WSN digunakan untuk memantau parameter kesehatan seorang pasien yang dapat dilakukan oleh pasien maupun petugas kesehatan agar dapat melakukan perawatan dan pemantauan rutin.

Struktur pada WSN ada dua macam, yaitu flat dan hierarki. Pada struktur flat terdapat dua macam node sensor fungsional, yaitu *source node* dan *sink node*. Setiap *source node* akan mengirimkan data ke tujuan akhir yaitu *sink node* (*base station*) [11]. Sedangkan pada struktur hierarki, node sensor akan disusun secara kelompok (*cluster*) dan terdapat node sensor yang berperan sebagai *cluster head*. *Cluster head* sendiri berfungsi untuk mengumpulkan dan dapat mengagregasi data suatu *cluster* dan mengirimkannya ke *base station* [11].

Agregasi data merupakan proses pengumpulan data yang digunakan untuk beberapa tujuan umum seperti mendapatkan informasi dari kelompok data berdasarkan variabel tertentu [8]. Agregasi data pada sensor, dapat berupa data yang telah diproses atau *raw data* yang kemudian dapat diagregasi pada node yang merupakan *cluster head* atau *base station*.

Pada skripsi ini dibangun perangkat lunak yang terdapat di beberapa node sensor, serta komputer atau laptop. Perangkat lunak yang terdapat pada WSN berfungsi untuk mengumpulkan data, mengirimkan data, dan mengagregasi data akselerometer pada WSN. Perangkat lunak yang terdapat pada komputer berfungsi untuk menerima data yang telah diagregasi dan menampilkannya. Struktur penyusunan sensor akan menggunakan struktur *Cluster-Based* . Setiap sensor akan melakukan *sensing* yang kemudian akan dikirim ke *cluster head* untuk kemudian diagregasi. Setelah diagregasi, maka hasilnya akan dikirim ke *sink* (*base station*) untuk pemrosesan lanjutan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada skripsi ini adalah:

- Bagaimana penerapan agregasi data akselerometer di *Cluster-Based* WSN ?

- Bagaimana mengembangkan aplikasi agregasi data akselerometer di *Cluster-Based* WSN ?

### 1.3 Tujuan

- Menerapkan agregasi data akselerometer di *Cluster-Based* WSN.
- Membangun aplikasi agregasi data akselerometer pada WSN (*cluster-based*).

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibuat dengan batasan - batasan berikut:

1. Proses agregasi memerlukan jeda beberapa waktu untuk pengambilan data berikutnya.
2. Topologi WSN telah ditetapkan sebelumnya dengan dua buah *cluster*.

### 1.5 Metodologi

Bagian-bagian pekerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari jaringan komputer WSN dan sensor akselerometer.
2. Melakukan studi literatur mengenai *cluster-based* WSN dan teknik agregasi.
3. Mempelajari pemrograman sensor.
4. Melakukan analisis awal.
5. Melakukan analisis detail.
6. Mengimplementasikan keseluruhan ilmu yang telah dipelajari dan membangun perangkat lunak.
7. Melakukan pengujian dan eksperimen terhadap perangkat lunak.
8. Menulis dokumen skripsi.

### 1.6 Sistematika Pembahasan

Setiap bab dalam penelitian ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan, yaitu sebagai pengantar untuk penelitian ini. Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika pembahasan.

Bab 2 Dasar Teori, yaitu membahas teori-teori yang mendukung berjalannya penelitian ini. Berisi tentang *Wireless Sensor Network*, Akselerometer, PreonVM, Teknik Agregasi Data pada WSN Berdasarkan Arsitektur, Algoritma PCA(Principal Component Analysis) untuk Agregasi Data, dan Library Jama.

Bab 3 Analisis, yaitu membahas mengenai analisis masalah. Berisi tentang deskripsi perangkat lunak, analisis topologi jaringan, analisis perangkat lunak, dan Analisis Agregasi Data Sensor Akselerometer pada WSN.

Bab 4 Perancangan, yaitu membahas mengenai perancangan aplikasi agregasi data akselerometer di WSN. Berisi tentang perancangan antarmuka, perancangan *routing* pada aplikasi agregasi data akselerometer di WSN, perancangan masukan dan keluaran, perancangan pesan, perancangan interaksi antar node, perancangan kelas aplikasi agregasi data akselerometer di WSN, perancangan pseudocode aplikasi agregasi data akselerometer di WSN.

Bab 5 Implementasi dan Pengujian, yaitu membahas mengenai implementasi dan pengujian perangkat lunak. Berisi tentang implementasi, pengujian, dan masalah yang dihadapi pada saat implementasi

Bab 6 Kesimpulan dan Saran, yaitu membahas mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.