

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN APLIKASI EKSTRAKSI FITUR DOMAIN
WAKTU/FREKUENSI UNTUK DATA AKSELEROMETER DI
WSN**



Ivan Kristanto

NPM: 2016730082

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

UNDERGRADUATE THESIS

**TIME / FREQUENCY DOMAIN FEATURE EXTRACTION
APPLICATION DEVELOPMENT FOR ACCELEROMETER
DATA AT WSN**



Ivan Kristanto

NPM: 2016730082

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

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN APLIKASI EKSTRAKSI FITUR DOMAIN WAKTU/FREKUENSI UNTUK DATA AKSELEROMETER DI WSN

Ivan Kristanto

NPM: 2016730082

Bandung, 9 Juni 2020

Menyetujui,

Pembimbing

Elisati Hulu, M.T.

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

Luciana Abednego, 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 EKSTRAKSI FITUR DOMAIN WAKTU/FREKUENSI UNTUK 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 9 Juni 2020



Ivan Kristanto
NPM: 2016730082

PERNYATAAN

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

PENGEMBANGAN APLIKASI EKSTRAKSI FITUR DOMAIN WAKTU/FREKUENSI UNTUK 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 9 Juni 2020



Ivan Kristanto
NPM: 2016730082

ABSTRAK

Wireless Sensor Network (WSN) adalah jaringan nirkabel berupa node - node sensor yang memiliki kemampuan melakukan komputasi, komunikasi dengan node lain, dan *sensing*. Salah satu sensor yang terdapat pada sensor node adalah sensor akselerometer yang berfungsi sebagai pengukur getaran. Sensor akselerometer mengukur akselerasi pada 3 sumbu (x,y,z). Hasil dari *sensing* akselerometer belum berupa informasi dan dapat diolah dengan melakukan ekstraksi fitur domain waktu ke frekuensi. Dari hasil ekstraksi fitur dari data *sensing* akselerometer dapat digunakan sebagai deteksi getaran dan pengambilan keputusan untuk pemrosesan lanjut.

Ada beberapa teknik ekstraksi fitur domain waktu ke frekuensi. Salah satu teknik ekstraksi fitur yang ada adalah STFT (*Short Time Fourier Transform*). STFT merupakan pengembangan dari teknik ekstraksi fitur FFT (*Fast Fourier Transform*). Ekstraksi fitur dilakukan pada sensor node sehingga hasil *sensing* node merupakan hasil dari STFT.

Pada skripsi ini dibuat aplikasi untuk melakukan ekstraksi fitur untuk data akselerometer. Aplikasi ini mengatur interaksi komputer pengguna, *base station*, dan sensor node. Algoritma ekstraksi fitur yang digunakan adalah STFT. Proses ekstraksi fitur data akselerometer dilakukan di sensor node dan hasil ekstraksi fitur dikirim ke *base station* dan ditampilkan di komputer.

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa aplikasi ekstraksi fitur ini dapat dibangun di WSN. Hasil dari ekstraksi fitur bergantung pada letak sensor melakukan *sensing* dan tidak bergantung dengan topologi WSN yang digunakan.

Kata-kata kunci: sensor jaringan nirkabel, akselerometer, ekstraksi fitur, transformasi fourier

ABSTRACT

Wireless Sensor Network (WSN) is a wireless network in the form of sensor nodes that have the ability to compute, communicate with other nodes, and sensing. One of the sensors contained in the node is the Accelerometer sensor that measures vibration from acceleration. The Accelerometer sensor measures acceleration on 3 axes (x, y, z). The results of the sensing are not in the form of information and can be processed by time domain frequency extracting features. From the results of feature extraction from the accelerometer data, it can be used as vibration detection and decision making for further processing.

There are several time domain frequency feature extraction techniques. One of feature extraction techniques available is STFT (Short Time Fourier Transform). STFT is a development of FFT (Fast Fourier Transform). Feature extraction is done on the sensor node so the results of it sensing node are the result of STFT.

In this thesis is created an application that can extract accelerometer data feature. This application controls user computer, base station, and sensor node interactions. STFT feature extraction algorithm is used for the extraction process. The process is done in sensor node and the result is sent to base station and displayed in user computer.

The results show that this application can be built on WSN. The feature extraction result depend on where the sensor perform sensing and does not depend on the WSN topology used.

Keywords: wireless sensor network, accelerometer, feature extraction, fourier transform

*Dipersembahkan kepada Tuhan, keluarga, saudara, dan teman -
teman yang telah mendukung*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Pengembangan Aplikasi Ekstraksi Fitur Domain Waktu/Frekuensi untuk Data Akselerometer di WSN". Selama penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi banyak kendala dan berbagai masalah. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Secara khusus, penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus atas Anugrah, Berkah, dan Rahmat-Nya.
2. Keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik berupa doa atau dukungan mental serta materiil.
3. Bapa Elisati Hulu, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dan memberikan dukungan maupun bantuan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng dan Ibu Luciana Abednego, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
5. Teman-teman sejurusan Teknik Informatika UNPAR angkatan 2016 dan teman - teman di luar perkuliahan yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dari awal semester sampai akhir semester.
6. Teman seperjuangan skripsi yang berdosan pembimbing sama dengan penulis, bimbingan bersama, saling membantu, dan saling memberikan dukungan satu sama lain selama menyusun skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberi informasi yang bermanfaat dan menjadi inspirasi untuk penelitian-penelitian berikutnya.

Bandung, Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxv
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Batasan Masalah	1
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Pembahasan	2
2 LANDASAN TEORI	3
2.1 Wireless Sensor Network	3
2.1.1 Aplikasi dari Wireless Sensor Network [1]	3
2.1.2 Sensor Node [2]	4
2.1.3 Topologi pada WSN [3]	5
2.1.4 Arsitektur WSN [4]	9
2.1.5 Sistem Operasi WSN [5]	11
2.1.6 Protokol Stack WSN [4]	12
2.2 Akselerometer [6]	13
2.3 Feature Extraction [7]	13
2.4 Fourier Transform [8]	14
2.4.1 Complex Number [8]	15
2.4.2 Discrete Fourier Transform (DFT) [9] [8]	16
2.4.3 Fast Fourier Transform (FFT) [9] [10]	16
2.4.4 Short Time Fourier Transform (STFT) [11]	18
2.5 PreonVM & Preon32	20
2.5.1 PreonVM	20
2.5.2 Preon32	22
3 ANALISIS	25
3.1 Analisis Aplikasi Ekstraksi Fitur Domain Waktu/Frekuensi Untuk Data Akselerometer di WSN	25
3.1.1 Analisis Topologi dan Arsitektur WSN	25
3.1.2 Analisis Akselerometer	26
3.1.3 Analisis Fungsi Aplikasi	26
3.1.4 Analisis Kelas	29
3.2 Analisis Proses Ekstraksi Fitur	31

3.2.1	Analisis <i>Sample</i> Data Akselerometer	31
3.2.2	Analisis Algoritma <i>Short Time Fourier Transform</i>	31
4	PERANCANGAN	33
4.1	Perancangan Interaksi Antar Node	33
4.1.1	Diagram Sequence "Check Online Node"	33
4.1.2	Diagram Sequence "Sense"	34
4.1.3	Diagram Sequence "Stop Sensing"	35
4.1.4	Diagram Sequence "Exit"	35
4.2	Perancangan Antar Muka Untuk Visualisasi Hasil Ekstraksi	36
4.2.1	Antar Muka Visualisasi Hasil Sense	36
4.2.2	Antar Muka Spectrogram	37
4.3	Perancangan Kelas Aplikasi	37
4.3.1	Package UserApp	37
4.3.2	Package BaseStation	42
4.3.3	Package SensorNode	45
4.4	Perancangan Masukan dan Keluaran	51
4.5	Perancangan Pseudocode Aplikasi	51
4.5.1	Base Station	51
4.5.2	Sensor Node	54
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	57
5.1	Implementasi	57
5.1.1	Lingkungan Implementasi	57
5.1.2	Hasil Implementasi Kelas	57
5.1.3	Hasil Implementasi Antar Muka Visualisasi Hasil Sense	62
5.1.4	Hasil Implementasi Antar Muka Spectrogram	63
5.2	Pengujian	64
5.2.1	Pengujian Fungsional	64
5.2.2	Pengujian Eksperimental	67
5.2.3	Masalah dalam Pengujian	72
6	KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1	Kesimpulan	73
6.2	Saran	73
	DAFTAR REFERENSI	75
	A KODE PROGRAM	77
	B HASIL EKSPERIMEN DI ATAP	93
B.1	Topologi Star	93
B.1.1	Rectangle Window	93
B.1.2	Hanning Window	98
B.1.3	Hamming Window	103
B.2	Topologi Tree	108
B.2.1	Rectangle Window	108
B.2.2	Hanning Window	113
B.2.3	Hamming Window	118
	C HASIL EKSPERIMEN DI JALAN	125
C.1	Topologi Star	125
C.1.1	Rectangle Window	125

C.1.2	Hanning Window	130
C.1.3	Hamming Window	135
C.2	Topologi Tree	140
C.2.1	Rectangle Window	140
C.2.2	Hanning Window	145
C.2.3	Hamming Window	150

DAFTAR GAMBAR

2.1	Contoh aplikasi WSN pada bidang militer	3
2.2	Struktur Sensor Node	4
2.3	<i>Single Hop</i> dan <i>Multi Hop</i>	5
2.4	<i>Bus Topology</i>	6
2.5	<i>Tree Topology</i>	6
2.6	<i>Star Topology</i>	7
2.7	<i>Ring Topology</i>	7
2.8	<i>Mesh Topology</i>	8
2.9	<i>Circular Topology</i>	8
2.10	<i>Grid Topology</i>	9
2.11	<i>Flat Architecture</i>	9
2.12	<i>Single Hop Architecture</i>	10
2.13	<i>Multi Hop Clustering Architecture</i>	10
2.14	<i>Multi Tier Clustering Architecture</i>	11
2.15	Protokol Stack WSN	12
2.16	4 kategori dari <i>Fourier Transform</i> dan contoh bentuk sinyal	14
2.17	Contoh dari <i>complex plane</i> pada notasi <i>rectangular</i>	15
2.18	Contoh dari <i>complex plane</i> pada notasi polar	16
2.19	contoh visual <i>Decimation In Time</i> dengan panjang 8	18
2.20	Jenis gelombang	19
2.21	Contoh Spectrogram	20
2.22	<i>Virtual machine</i> yang memungkinkan aplikasi berjalan secara independen	21
2.23	Preon32	23
3.1	WSN dengan topologi <i>star</i> dengan komunikasi <i>single-hop</i>	25
3.2	WSN dengan topologi <i>tree</i> dengan komunikasi <i>single-hop</i> dan <i>multi-hop</i>	26
3.3	Diagram <i>use case</i> Aplikasi Ekstraksi Fitur Domain Waktu/Frekuensi Untuk Data Akselerometer di WSN	27
3.4	Kelas Diagram Sederhana Pada Aplikasi di BaseStation	29
3.5	Kelas Diagram Sederhana Pada Aplikasi di SensorNode	30
3.6	Kelas Diagram Sederhana Pada Aplikasi di UserApp	31
4.1	Diagram sequence "Check Online Node"	33
4.2	Diagram sequence "Sense"	34
4.3	Diagram sequence "Stop Sensing"	35
4.4	Diagram sequence "Exit"	35
4.5	Rancangan antar muka tampilan hasil sense	36
4.6	Rancangan antar muka tampilan hasil sense	37
4.7	Kelas diagram lengkap package UserApp	38
4.8	Perancangan Kelas Tester	38
4.9	Perancangan Kelas Plotting	39
4.10	Perancangan Kelas Visualizing	40
4.11	Perancangan Kelas Spectrogram	41

4.12	Kelas diagram lengkap package BaseStation	43
4.13	Perancangan Kelas BSManager	44
4.14	Kelas diagram lengkap package SensorNode	45
4.15	Perancangan Kelas SNManager	46
4.16	Perancangan Kelas Complex	47
4.17	Perancangan Kelas Accelerometer	48
4.18	Perancangan Kelas FFT	48
4.19	Perancangan Kelas ShortTimeFourierTransform	49
4.20	Perancangan Kelas SenseController	50
5.1	Tampilan awal aplikasi	62
5.2	Grafik hasil implementasi visualisasi hasil sense	63
5.3	Grafik hasil implementasi visualisasi hasil sense	63
5.4	Tampilan awal setelah memasukkan jumlah sensor node	64
5.5	Pengujian "Check Online node"	65
5.6	Tampilan awal setelah menjalankan fungsi "Sense"	65
5.7	Tampilan setelah mendapatkan hasil ekstraksi fitur dari sensor node	66
5.8	Pengujian input selain angka "3" "Sense"	66
5.9	Pengujian "Stop sensing"	67
5.10	Pengujian "Exit"	67
5.11	Topologi star yang digunakan	68
5.12	Topologi tree yang digunakan	68
5.13	Denah peletakkan sensor node	69
B.1	Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	93
B.2	Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	94
B.3	Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	94
B.4	Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	95
B.5	Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	95
B.6	Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	96
B.7	Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	96
B.8	Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	97
B.9	Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	97
B.10	Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Atap	98
B.11	Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	98
B.12	Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	99
B.13	Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	99
B.14	Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	100
B.15	Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	100
B.16	Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	101
B.17	Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	101
B.18	Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	102
B.19	Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	102
B.20	Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Atap	103
B.21	Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	103
B.22	Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	104
B.23	Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	104
B.24	Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	105
B.25	Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	105
B.26	Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	106
B.27	Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	106
B.28	Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	107

B.29 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap	107
B.30 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Atap . .	108
B.31 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap	108
B.32 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap . .	109
B.33 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap	109
B.34 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap . .	110
B.35 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap	110
B.36 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap . .	111
B.37 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap	111
B.38 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap . .	112
B.39 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap	112
B.40 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Atap . .	113
B.41 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap	113
B.42 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap . .	114
B.43 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap	114
B.44 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap . .	115
B.45 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap	115
B.46 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap . .	116
B.47 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap	116
B.48 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap . .	117
B.49 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap	117
B.50 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Atap . .	118
B.51 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap	118
B.52 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap . .	119
B.53 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap	119
B.54 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap . .	120
B.55 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap	120
B.56 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap . .	121
B.57 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap	121
B.58 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap . .	122
B.59 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap	122
B.60 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Atap . .	123
C.1 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	125
C.2 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	126
C.3 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	126
C.4 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	127
C.5 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	127
C.6 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	128
C.7 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	128
C.8 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	129
C.9 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	129
C.10 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	130
C.11 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan	130
C.12 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	131
C.13 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan	131
C.14 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	132
C.15 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan	132
C.16 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	133
C.17 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan	133
C.18 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	134
C.19 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan	134

C.20 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hanning</i> di Jalan . . .	135
C.21 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan	135
C.22 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	136
C.23 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan	136
C.24 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	137
C.25 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan	137
C.26 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	138
C.27 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan	138
C.28 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	139
C.29 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan	139
C.30 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi star dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	140
C.31 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	140
C.32 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	141
C.33 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	141
C.34 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	142
C.35 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	142
C.36 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	143
C.37 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	143
C.38 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	144
C.39 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan	144
C.40 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Rectangle</i> di Jalan . .	145
C.41 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan	145
C.42 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	146
C.43 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan	146
C.44 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	147
C.45 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan	147
C.46 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	148
C.47 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan	148
C.48 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	149
C.49 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan	149
C.50 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hanning</i> di Jalan . .	150
C.51 Hasil Sensing Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan	150
C.52 Hasil Spectrogram Sensor1 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	151
C.53 Hasil Sensing Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan	151
C.54 Hasil Spectrogram Sensor2 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	152
C.55 Hasil Sensing Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan	152
C.56 Hasil Spectrogram Sensor3 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	153
C.57 Hasil Sensing Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan	153
C.58 Hasil Spectrogram Sensor4 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	154
C.59 Hasil Sensing Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan	154
C.60 Hasil Spectrogram Sensor5 dengan topologi tree dan window <i>Hamming</i> di Jalan . .	155

DAFTAR TABEL

2.1	Tabel contoh <i>bit reverse</i> dari indeks 0 sampai 7	17
2.2	Tabel Package dari Virtenio pada PreonVM	21
2.3	Tabel Package dari Virtenio pada PreonVM	22
2.4	Tabel Package dari Java pada PreonVM	22
3.1	Tabel Skenario Memeriksa sensor node yang aktif / Check Online Node.	28
3.2	Tabel Skenario Memberikan perintah sense ke sensor node	28
3.3	Tabel Skenario Memberikan perintah berhenti sense / Stop Sensing	28
3.4	Tabel Skenario Exit	29
5.1	Tabel hasil getaran yang tertangkap di Atap dengan Topologi Star	69
5.2	Tabel hasil getaran yang tertangkap di Atap dengan Topologi Tree	70
5.3	Tabel hasil getaran yang tertangkap di Jalan Raya dengan Topologi Star	71
5.4	Tabel hasil getaran yang tertangkap di Jalan Raya dengan Topologi Tree	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wireless Sensor Network (WSN) adalah jaringan nirkabel berupa *node - node* dan *base station / sink*. WSN dapat memiliki sensor - sensor pada *node* yang dapat mengukur atau *sensing* suara, getaran, suhu, kelembaban udara, dan lainnya. Setiap hasil pengukuran atau *sense* dari *node* dapat dikirimkan ke *base station / sink* untuk diproses lebih lanjut atau diproses pada *node* tersebut [5].

Salah satu sensor yang terdapat di WSN adalah *accelerometer* yang dapat mendeteksi getaran dan mengukur percepatan pada *node* masing - masing. Hasil *sense* dari *accelerometer* adalah berupa 3 sumbu (x,y,z) yang menunjukkan arah dari sensor *node* tersebut. Data *sense* dari *accelerometer* perlu diolah untuk dapat menjadi informasi. Salah satu informasi yang dapat didapat dari hasil *sense accelerometer* adalah frekuensi getaran.

Salah satu proses untuk mendapatkan frekuensi dari data *sense accelerometer* adalah dengan ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi. Proses ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi adalah proses pengambilan ciri sebuah objek yang dapat menggambarkan karakteristik dari objek tersebut pada domain waktu/frekuensi. Ada berbagai teknik analisis waktu/frekuensi yang dapat digunakan untuk ekstraksi fitur, seperti *Fast Fourier Transform* (FFT), *Short Time Fourier Transform* (STFT), *S-Transform*, dan *Wavelet Transform* [8]. Proses ekstraksi ini dilakukan di sensor *node*, sehingga setiap hasil *sense* akselerometer akan langsung diekstraksi fitur dan dikirimkan ke *sink*.

Pada skripsi ini, akan dibuat sebuah perangkat lunak pada *node* WSN yang dapat mengekstraksi fitur data *sense* dari sensor *accelerometer*. Hasil dari ekstraksi fitur ini adalah frekuensi dari data *sense accelerometer* menggunakan salah satu teknik analisis waktu/frekuensi, yaitu *Short Time Fourier Transform* (STFT).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, berikut rumusan dari masalah - masalah yang ada.

- Bagaimana cara mengekstraksi fitur data akselerometer di sensor node WSN?
- Bagaimana cara kerja algoritma *Short Time Fourier Transform* (STFT) untuk data akselerometer?

1.3 Tujuan

- Menerapkan algoritma *Short Time Fourier Transform* (STFT) untuk data akselerometer.
- Membangun aplikasi ekstraksi fitur untuk data akselerometer di sensor node WSN.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Sensor yang digunakan sebagai penelitian hanya sensor akselerometer.

2. Fokus dari penelitian ini adalah membangun aplikasi ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi untuk data akselerometer di sensor node WSN oleh karena itu tidak memperhitungkan ekstraksi fitur pada data sensor lain selain data sensor akselerometer.

1.5 Metodologi

Berikut adalah metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:

- Melakukan studi literatur mengenai WSN (*Wireless Sensor Network*) dan sensor *accelerometer*.
- Melakukan studi literatur mengenai proses ekstraksi dan teknik *Short Time Fourier Transform*.
- Mempelajari pemrograman di sensor *node* WSN menggunakan bahasa pemrograman Java.
- Melakukan analisis terhadap aplikasi ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi untuk data *accelerometer* di WSN.
- Melakukan analisis proses ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi.
- Merancang algoritma untuk proses ekstraksi dengan STFT.
- Mengimplementasikan keseluruhan algoritma yang dirancang ke *node* pada WSN.
- Melakukan pengujian (dan eksperimen) pada perangkat lunak.
- Menulis dokumen skripsi.

1.6 Sistematika Pembahasan

Berikut sistematika pada setiap bab di penelitian ini:

Bab 1 Pendahuluan, yaitu mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Landasan Teori, yaitu membahas tentang teori - teori untuk penelitian ini yaitu *Wireless Sensor Network*, *Accelerometer*, Ekstraksi Fitur, dan *Fourier Transform*.

Bab 3 Analisis, yaitu membahas mengenai analisis aplikasi ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi untuk data akselerometer di sensor node WSN dan analisis proses ekstraksi fitur.

Bab 4 Perancangan, yaitu membahas perancangan interaksi antar node, perancangan antar muka untuk hasil *sensing* dan spectrogram, perancangan kelas aplikasi, perancangan masukan dan keluaran, dan perancangan pseudocode aplikasi.

Bab 5 Implementasi dan pengujian, yaitu membahas mengenai implementasi dan pengujian aplikasi ekstraksi fitur domain waktu/frekuensi untuk data akselerometer di sensor node WSN.

Bab 6 Kesimpulan, yaitu membahas mengenai kesimpulan dari hasil pengujian dan saran untuk penelitian ini.