



**IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK SISTEM
MONITORING AKTUATOR**

Skripsi

Oleh

**Abdul Ghofur
NIM 131910201011**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* UNTUK SISTEM
MONITORING AKTUATOR**

Skripsi

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Abdul Ghofur
NIM 131910201011**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas kasih setia-Nya yang telah melimpahkan segala rahmat yang tak ternilai, sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini.

Akhirnya, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Kedua Orangtua, Ibu Siti Romelah dan Bapak Zaini yang tidak pernah lelah memberikan doa, memberikan dukungan moril maupun materiil dan kasih sayang yang tidak pernah henti diberikan kepadaku.
4. Kakak Nawi Yatu Zahro' dan adik Agus Ansori yang senantiasa menjadi inspirasi
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. dan Bapak Dodi Setia Budi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
7. Almater Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
8. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan artikekeluargaan yang luar biasa.
9. Sahabat IRIT, yang selalu menjadi keluarga dan dukungan yang tiada henti.
10. Serta seluruh rekan-rekan yang penulis kenal dan rekan-rekan yang membaca skripsi ini.

MOTTO

Sesungguhnya malu itu sebagian dari iman.

(Sabda Rasulullah SAW)*)

“Siapa yang beriman kepada Allah dan Hari Akhir, maka janganlah menyakiti tetangganya. Siapa yang beriman kepada Allah dan Hari Akhir, maka muliakanlah tamunya. Dan siapa yang beriman kepada Allah dan Hari Akhir, maka berbicaralah yang baik atau diamlah”.

(HR Bukhari, Muslim, dan Ahmad)**)

“Dan darinya berkata: aku mendengar Rasulullah SAW. Bersabda: Dunia itu berisi laknat, seluruh isinya terlaknat, kecuali dzikir kepada Allah dan yang terkait dengannya, atau orang yang berilmu atau terpelajar.”

(HR: Tirmizi dan dia berkata hadits ini hasan***)

*) Sabda Rasulullah SAW

***) HR Bukhari, Muslim, dan Ahmad

****) HR: Tirmizi dan dia berkata hadits ini hasan

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul Ghofur

NIM : 131910201011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ”Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Sistem *Monitoring* Aktuator” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 5 Juni 2017

Yang menyatakan,

Abdul Ghofur
NIM 131910201011

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* UNTUK SISTEM
MONITORING AKTUATOR**

Oleh
Abdul Ghofur
NIM 131910201011

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Widya Cahyadi, ST., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Sistem *Monitoring Aktuator*” karya Abdul Ghofur telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 5 Juni 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP 198405312008121004

Anggota II,

Anggota III,

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si
NIP 196801191997021001

Khairul Anam S.T., M.T., Ph.D.
NIP 197804052005011002

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Sistem *Monitoring* Aktuator;
Abdul Ghofur, 131910201011; 2017; 98 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas
Teknik Universitas Jember.

Wireless sensor network adalah salah satu teknologi yang sering digunakan dalam penerapan sistem monitoring. Dalam sistem WSN memberikan pelayanan pemantauan jarak jauh dengan akses yang mudah dan cepat, proses pemantauan dilakukan secara langsung (*real time*) dan bisa ditempatkan dimanapun. WSN memiliki minimal 2 node untuk setiap jaringannya, dengan terdiri dari 2 *node* komunikasi terpusat ke 1 *coordinator* untuk menerima informasi. Untuk mengetahui performa jaringan WSN dilakukan pengujian *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan daya sinyal.

Pada penelitian ini merancang dan menganalisa sistem monitoring aktuator dengan teknologi WSN. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi jaringan *Wireless Sensor Network* dan menganalisis pengaruh jarak pada jaringan *Wireless Sensor Network*. Manfaat dari penelitian ini adalah langkah awal dalam pengembangan sistem *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk sistem monitoring pada aktuator dan mengetahui performa dari jaringan *Wireless Sensor Network*.

Penelitian ini menggunakan modul *wireless* Xbee Pro S2B dengan jarak jangkauan yang cukup luas mencapai 3,2 kilometer untuk diluar ruangan dan 90 meter untuk didalam ruangan berdasarkan *datasheet* Xbee Pro S2B. Pada penelitian ini hanya digunakan jarak 1 kilometer untuk kondisi LOS dan 100 meter untuk NLOS. Untuk mikrokontroller yang digunakan yaitu Arduino Uno untuk menempatkan beberapa modul sensor akan digunakan untuk sistem *monitoring*. Selain itu untuk pengolahan data sensor akan dilakukan pada Raspberry sebagai sisi penerima yang akan menyimpan dan mengunggah data sensor ke web dan menjadi database berupa grafik dan database itu sendiri.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi: RSSI, daya, sensor tegangan, sensor arus. Hasil dari pengujian RSSI menunjukkan kualitas sinyal pada jaringan *wireless sensor network* memiliki kualitas yang baik pada kondisi NLOS dan LOS dengan rata-rata nilai error yang kecil pada node 1 NLOS sebesar 0.072% dan LOS 0.02% serta node 2 NLOS sebesar 0.025% dan LOS 0.02%. Dengan jarak terjauh kondisi NLOS untuk node 1 dan node 2 memiliki kualitas yang baik untuk dapat diketahui pada tabel 4.1 dan 4.3 dengan nilai error rata-rata yang sangat kecil yaitu sebesar 0.072% pada node 1 dan 0.025% pada node 2. Begitu pula pada kondisi LOS untuk node 1 dan node 2 pada jarak maksimal 800 meter masih dapat mengirimkan data dengan nilai error rata-rata yang kecil terlihat pada tabel 4.2 dan 4.4 sebesar 0.02% pada node 1 dan 0.02% pada node 2. Namun pada kondisi LOS jarak 900 meter dan 1000 meter penerima sudah tidak bisa menerima data yang dikirimkan karena pengaruh dari lingkungan saat penelitian.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin jauh jarak pengujian yang digunakan maka nilai besar dari RSSI atau kualitas sinyal akan semakin buruk yang diperoleh. Pada beberapa jarak yang digunakan saat pengujian RSSI terjadi naik turun nilai RSSI yang tidak terlalu besar. Pada kondisi NLOS Xbee masih dapat berkomunikasi dengan baik sampai pada jarak maksimal yang digunakan yaitu 100 meter.. Pada jarak 900 meter dan 1000 meter sudah tidak terjadi komunikasi pada kondisi LOS sehingga menunjukkan pengaruh dari kondisi lingkungan sangat mempengaruhi proses pengujian.

SUMMARY

Wireless Sensor Network Implementation for Actuator Monitoring System;
Abdul Ghofur, 131910201011; 2017; 98 pages; Department of Electrical
Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Wireless sensor network is one of technology that is often used in monitoring systems implementation. WSN system provides remote monitoring services with easy and fast access, the monitoring process is done in real time and can be placed anywhere. WSN has at least 2 nodes for each network, it consists of 2 nodes of centralized communication to 1 coordinator to receive information. To know the performance of WSN network is done by testing of Received Signal Strength Indicator (RSSI) and signal power.

Designing and analyzing the actuator monitoring system with WSN technology is applied in this study. The purpose of this study is to know the performance of Wireless Sensor Network and to analyze the effect of distance on Wireless Sensor Network. The benefit of this study is the primer step in developing WSN (Wireless Sensor Network) system for monitoring system on actuator and knowing performance of Wireless Sensor Network.

This research use Xbee wireless modules Pro S2B with ample range reach 3.2 kilometers outside the room and 90 meters in a room based on datasheet Xbee Pro S2B. In this study used only a distance of 1 kilometre to the condition of the LOS and NLOS to 100 metres. For mikrokontroller used IE Arduino Uno to put some of the sensor module to be used for system monitoring. In addition to the sensor data processing will be carried out on a Raspberry as a receiver that will save and upload to the web and sensor data into the database in the form of graphs and the database itself.

The tests are conducted in: RSSI, power, voltage sensors, and current sensors. The results of the RSSI test indicate that the signal quality of the receiver is very good at node 1 and node 2. The results of the test show the RSSI signal quality on wireless sensor network having good quality on NLOS and LOS with an average value of a small error on node 1 0.072% of NLOS and LOS 0.02% as

well as node 2 0.025% of NLOS and LOS 0.02%. The furthest distance with the NLOS to node 1 and node 2 has a good quality to be able to note in table 4.1 and 4.3 error value on average a very small i.e. of 0.072% on node 1 and node 2 at 0.025%. Similarly, on the condition the LOS for node 1 and node 2 at a distance of maximum 800 meters can still send data with an error value of small average seen in table 4.2 and 4.4 of 0.02% on node 1 and 0.02% on node 2. However, in the conditions of 900 meters distance and LOS 100 metres already recipients cannot receive data sent due to the influence of environmental research.

Conclusion of this research is the farther distance testing used the value of RSSI or signal quality will get worse. At some distance is used when testing the RSSI RSSI value going up and down that is not too large. On NLOS Xbee can still communicate well to the maximum distance is used that is 100 metres away. At a distance of 900 metres and 1000 metres already do not occur on the conditions of communication so that shows the influence of LOS environmental conditions greatly affect the process of testing.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Implementasi *Wireless Sensor Network* untuk Sistem *Monitoring Aktuator***”. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasihsayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruhumat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik UniversitasJember
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T.dan Bapak Dodi Setia Budi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini;
6. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si dan Bapak Khairul Anam S.T.,M.T., Ph.D.selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini;
7. Bapak Ir. Misto., M.Si selaku staff pengajar Jurusan Fisika Universitas Jember;
8. Kedua Orangtua Ibu Siti Romelahdan Bapak Zainiyang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama ini;

9. Kakak Nawi Yatu Zahro' dan adik Agus Ansori yang senantiasa menjadi inspirasi;
10. Abdur Rokhim, M Nuh Firmansyah dan M Alfian I I yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dari pemberian semangat hingga membantu pelaksanaan di lapangan;
11. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
12. Sahabat IRIT, yang selalu menjadi keluarga dan dukungan yang tiada henti.
13. Keluarga besar Civitas Akademia Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 17 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY.....	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Tujuan penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Wireless Sensor Network (WSN).....	4
2.1.1 Prinsip Kerja <i>Wireless Sensor Network</i>	5
2.1.2 Arsitektur <i>Wireless Sensor Network</i>	6
2.2 Zigbee	7
2.2.1 Xbee Pro S2B	8
2.2.2 Spesifikasi Modul Wireless XBee PRO S2B	9
2.2.3 Komunikasi Serial	10
2.2.4 Protokol Zigbee	10

2.2.5	Parameter Ziqbee.....	11
2.2.6	<i>Received signal strength indication (RSSI)</i>	12
2.2.7	Daya Sinyal	14
2.3	Raspberry Pi.....	14
2.4	Plotly	16
2.5	Arduino Uno	16
2.6	Aktuator	18
2.6.1	Motor DC	18
2.7	Sensor Tegangan	19
2.8	Sensor Arus INA219.....	19
2.9	Sensor ACS 712	20
2.9.1	Spesifikasi Sensor	20
2.10	Sensor Rotary Encoder.....	21
2.10.1	Spesifikasi Sensor	21
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2	Alat dan Bahan	22
3.3	Tahapan Penelitian	23
3.4	Perencanaan Alat	24
3.4.1	Blok Diagram	25
3.4.2	<i>Flowchart</i>	26
3.5	Perancangan Arsitektur WSN	27
3.5.1	Konfigurasi Modul Xbee Pro	27
3.5.2	Konfigurasi Jaringan	32
3.5.3	Konfigurasi Web	35
3.6	Implementasi Sistem	36
3.7	Pengambilan Data Parameter <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN)..	37
3.7.1	Pengambilan Data Nilai RSSI dari <i>Coordinator</i> ke <i>Router</i> 1 ...	37
3.7.2	Pengambilan Data Nilai RSSI dari <i>Coordinator</i> ke <i>Router</i> 2 ...	38
3.7.3	Pengambilan Data Nilai Daya dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 1	39
3.7.4	Pengambilan Data Nilai Daya dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 2.....	39

3.8	Pengambilan Data Sensor Node 1.....	40
3.8.1	Pengambilan Data Tegangan.....	40
3.8.2	Pengambilan Data Sensor Arus.....	41
3.9	Pengambilan Data Sensor Node 2.....	41
3.9.1	Sensor Arus	41
3.9.2	Sensor Tegangan	42
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Pengujian RSSI.....	43
4.1.1	Pengujian RSSI dari <i>Coordinator</i> ke <i>Router 1</i>	43
4.1.2	Pengujian RSSI dari <i>Coordinator</i> ke <i>Router 2</i>	47
4.2	Pengujian Daya.....	50
4.2.1	Pengujian Daya dari <i>Coordinator</i> ke <i>Router 1</i>	50
4.2.2	Pengujian Daya dari <i>Coordinator</i> ke <i>Router 2</i>	52
4.3	Pengujian Sensor Node 1	54
4.3.1	Pengujian Sensor Tegangan	55
4.3.2	Pengujian Sensor Arus	56
4.4	Pengujian Sensor Node 2	57
4.4.1	Pengujian Sensor Tegangan	58
4.4.2	Pengujian Sensor Arus	59
4.4.3	Pengujian sensor rotary encoder	61
4.5	Tampilan Web Plotly	62
BAB 5.	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN.....		66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Modul XBee PRO S2B.....	9
Tabel 2.2 Indeks <i>Path Loss</i>	13
Tabel 2.3 Rentang Sinyal RSSI.....	14
Tabel 2.4 Deskripsi Arduino UNO	17
Tabel 3.1 Nilai RSSI NLOS dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 1.....	37
Tabel 3.2 Nilai RSSI LOS dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 1.....	38
Tabel 3.3 Nilai RSSI Didalam Ruangan dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 2.....	38
Tabel 3.4 Nilai RSSI Diluar Ruangan dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 2.....	38
Tabel 3.5 Nilai Daya NLOS dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 1.....	39
Tabel 3.6 Nilai Daya LOS dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 1.....	39
Tabel 3.7 Nilai Daya NLOS dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 2.....	40
Tabel 3.8 Nilai Daya LOS dari <i>coordinator</i> ke <i>router</i> 2.....	40
Tabel 3.17 Nilai Sensor Tegangan	40
Tabel 3.18 Nilai Sensor Arus	41
Tabel 3.19 Nilai Sensor Arus	42
Tabel 3.20 Nilai Sensor Tegangan	42
Tabel 4.1 Nilai RSSI Kondisi N-LOS	44
Tabel 4.2 Nilai RSSI Kondisi LOS	46
Tabel 4.3 Nilai RSSI Kondisi N-LOS	47
Tabel 4.4 Nilai RSSI Kondisi LOS	48
Tabel 4.5 Nilai Daya Kondisi N-LOS.....	50
Tabel 4.6 Nilai Daya Kondisi LOS	51
Tabel 4.7 Nilai Daya N-LOS	52
Tabel 4.8 Nilai Daya Kondisi LOS	54
Tabel 4.9 Pengujian Sensor Tegangan	55
Tabel 4.10 Pengujian Sensor Arus	56
Tabel 4.11 Pengujian Sensor Tegangan	58
Tabel 4.12 Pengujian Sensor Arus	60

Tabel 4.13 Pengujian sensor rotary encoder61



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Topologi Jaringan <i>Wireless</i>	5
Gambar 2.2 Model Protokol WSN (Fuad, 2015).....	6
Gambar 2.3 Arsitektur umum pada sebuah WSN (Hariyawan, 2014).....	7
Gambar 2.4 Topologi Jaringan Zigbee.....	8
Gambar 2.5 Modul <i>Wireless</i> XBee PRO S2B.....	8
Gambar 2.6 Diagram Sistem Alur Data UART Interface	10
Gambar 2.7 Struktur Protokol Zigbee (Fei Lu, 2012).....	11
Gambar 2.8 <i>Hardware</i> pada Raspberry Pi (Andi Adriansyah, 2014).....	15
Gambar 2.9 Plot.ly (https://plot.ly/static/img/logo.png)	16
Gambar 2.10 <i>Board</i> Arduino UNO.....	17
Gambar 2.11 Motor DC (Sumber : Jaya, 2012).....	18
Gambar 2.12 Sensor Tegangan	19
Gambar 2.13 Sensor Arus	20
Gambar 2.14 Sensor Arus ACS 712	20
Gambar 2.15 Sensor Rotary Encoder.....	21
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	23
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	25
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i>	26
Gambar 3.4 Konfigurasi Xbee Pro.....	28
Gambar 3.5 Test Komunikasi Xbee Pro	28
Gambar 3.6 Konfigurasi Modul Xbee Pro sebagai Coordinator.....	29
Gambar 3.7 Konfigurasi Node 1	30
Gambar 3.8 Konfigurasi Node 2	31
Gambar 3.9 Konfigurasi IP <i>Address</i> pada Raspberry	33
Gambar 3.10 IP <i>Address</i> Diatur Secara Manual	33
Gambar 3.11 <i>Restart</i> Konfigurasi Jaringan.....	33
Gambar 3.12 Remote Dekstop Connection.....	34
Gambar 3.13 <i>Login</i> Raspberry	34

Gambar 3.14 <i>Login Plotly</i>	35
Gambar 3.15 Konfigurasi Plotly	35
Gambar 3.16 <i>API Setting</i> pada Plotly	36
Gambar 4.1 Nilai <i>RSSI Node 1</i> Kondisi NLOS	45
Gambar 4.2 Nilai <i>RSSI Node 1</i> Kondisi LOS	46
Gambar 4.3 Nilai <i>RSSI Node 2</i> Kondisi NLOS	48
Gambar 4.4 Nilai <i>RSSI Node 2</i> Kondisi LOS	49
Gambar 4.5 Nilai <i>DayaNode 1</i> Kondisi NLOS	51
Gambar 4.6 Nilai <i>DayaNode 1</i> Kondisi LOS	52
Gambar 4.7 Nilai <i>DayaNode 2</i> Kondisi NLOS	53
Gambar 4.8 Nilai <i>DayaNode 2</i> Kondisi LOS	54
Gambar 4.9 Tampilan web	62

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat saat ini memberikan manfaat bagi kebutuhan manusia dalam bidang teknologi untuk mempermudah pekerjaan manusia diantaranya adalah pengiriman informasi yang cepat sehingga setiap informasi dapat dipantau pada saat itu juga (*real time*). *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan salah satu bentuk perkembangan teknologi telekomunikasi. *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan suatu proses yang terdiri dari proses pengukuran, pengolahan data, dan komunikasi yang menggunakan teknologi nirkabel untuk sebuah perangkat yang melakukan pemantauan atau pengamatan suatu peristiwa yang terjadi pada suatu lingkungan.

Manfaat dari teknologi ini memiliki kemampuan untuk memantau atau mengamati suatu objek dalam berbagai bidang misalnya: peternakan, kebencanaan, pertanian, keamanan, tanaman dan teknologi lainnya. Penggunaan teknologi nirkabel pada saat ini sangat banyak dikembangkan dalam berbagai penerapan, misalnya pengukuran suhu, dunia kesehatan, kesuburan, bencana alam, teknologi seluler dan penerapan lainnya pada wilayah yang sulit dijangkau. Pada jaringan WSN salah satu parameternya adalah RSSI, parameter ini memberikan *overhead* komunikasi yang baik dalam sistem jaringan nirkabel. Parameter ini diukur berdasarkan jarak antara pengirim dan penerima dari jaringan nirkabel sehingga menjadi parameter kekuatan sinyal.

Pengukuran jarak berdasarkan nilai RSSI memberikan *overhead* komunikasi yang rendah dan kesulitan yang rendah dibandingkan berdasarkan nilai RTT karena nilai yang didapat akan selalu berubah dan tidak dapat ditentukan perubahannya. Dalam penelitian ini, pertama menganalisa teori tentang pengukuran jarak menggunakan RSSI dan pengaruhnya, kemudian menggunakan model nilai rata-rata untuk memproses data dari Xbee Pro ZB (Andika, 2013).

Implementasi WSN pada aktuator dirancang untuk mengukur tegangan dan arus yang terdapat pada generator dan motor yang digunakan. Tegangan dan arus diukur berdasarkan perubahan kondisi masukan yang digunakan. Pada

kondisi nyata generator dijalankan tanpa diketahui tegangan dan arus yang muncul, sehingga dibutuhkan perangkat yang dapat memantau tegangan dan arus pada generator. Oleh karena itu perancangan ini memiliki kelebihan yaitu *actuator* dipantau secara langsung kemudian nilai tegangan dan arus yang telah terpantau terunggah pada web dalam bentuk database dan grafik. Selain itu karena *system* pemantauan *actuator* dapat dipantau dari jarak jauh tanpa harus mengukur langsung pada *actuator* itu sendiri, hal ini memudahkan proses pemantauan untuk tegangan dan arus pada *actuator*.

Parameter untuk jaringan nirkabel berupa kekuatan sinyal pada setiap *node* yang menjadi media pengiriman data sensor ke Raspberry Pi. Dari *node* ke *coordinator* diperoleh pengukuran kekuatan sinyal yang mengindikasikan kekuatan sinyal dari komunikasi nirkabel yang digunakan. Teknologi Zigbee digunakan sebagai media komunikasi nirkabel dalam proses pemantauan, dalam komunikasinya setiap *node* akan mengirimkan data ADC dari sensor ke *node* lalu ke *coordinator* dan data akan ditampilkan pada Raspberry Pi yang telah dikonfigurasi untuk mengolah data yang masuk dari *node* dengan keluaran berupa data sensor dan grafik. Pemantauan dilakukan pada aktuator berupa generator dan motor DC dengan parameter tegangan dan arus dari aktuator.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut ini adalah beberapa masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimanakah kualitas jaringan dari sistem Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Sistem *Monitoring* Aktuator?
2. Bagaimanakah mengetahui pengaruh jarak terhadap kualitas jaringan *Wireless Sensor Network*?

1.3 Batasan masalah

Berdasarkan rumusan masalah penelitian diatas, agar pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan suatu pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Hanya membahas performansi jaringan *Wireless Sensor Network*.
2. Parameter kualitas jaringan *Wireless Sensor Network* berupa RSSI dan daya sinyal.
3. Tidak membahas tentang elektronika pada alat.
4. Parameter pada aktuator berupa tegangan dan arus.

1.4 Tujuan penelitian

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas sinyal pada jaringan *Wireless Sensor Network*.
2. Mengetahui dan menganalisis pengaruh jarak pada jaringan *Wireless Sensor Network*.

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai:

1. Langkah awal dalam pengembangan sistem WSN (*Wireless Sensor Network*) untuk sistem monitoring pada aktuator.
2. Mengetahui kualitas sinyal dari jaringan *Wireless Sensor Network*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka ini, diulas berbagai publikasi resmi yang berhubungan dengan konsep Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Sistem *Monitoring* Aktuator dan mencakup aspek masalah dan penjelasan faktor-faktor yang diduga berkaitan dengan penelitian ini. Seluruh teori dan konsep pada tinjauan pustaka ini pada akhirnya nanti akan digunakan untuk menunjang analisis pembahasan terhadap hasil penelitian yang dilakukan. Berikut ini adalah teori dan konsep yang berhubungan dengan masalah studi analisis yang akan dibahas.

2.1 *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network atau disingkat dengan WSN adalah suatu peralatan *system embedded* yang didalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan *system komunikasi*. Sensor disini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik informasi yang diinginkan. Sensor-sensor tersebut akan mengubah data analog ke data digital. Selanjutnya data dikirim ke suatu *node* melalui media komunikasi yang digunakannya, seperti bluetooth, infrared, dan Wifi.

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan suatu kesatuan dari proses pengukuran, komputasi, dan komunikasi yang memberikan kemampuan administratif kepada sebuah perangkat, observasi, dan melakukan penanganan terhadap setiap kejadian dan fenomena yang terjadi di lingkungan yang menggunakan teknologi *wireless* (Hariyawan, 2014).

Wireless sensor network (WSN) atau jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor (sensor node) yang diletakkan ditempat - tempat yang berbeda untuk memonitoring kondisi suatu *plan*.

Wireless sensor network (Jaringan Sensor Nirkabel) pada awalnya dikembangkan sebagai aplikasi militer untuk digunakan dalam survei medan perang. Namun, sekarang WSN digunakan dalam banyak aplikasi industri dan komersial lainnya untuk memantau kondisi lingkungan, aplikasi kesehatan dan

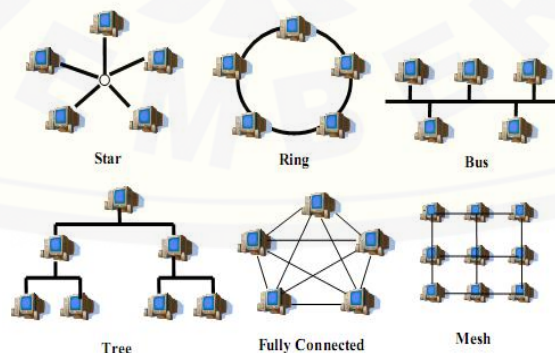
kontrol lalu lintas. Pada saat ini ada berbagai jenis jaringan sensor nirkabel, dan semua jenis WSN saat ini dilengkapi dengan transceiver radio atau perangkat komunikasi nirkabel dan sumber energy (biasanya baterai).

Ada banyak aplikasi untuk teknologi ini dan biasanya berfungsi dalam kegiatan pemantauan, pelacakan dan pengendalian. Fungsi pemantauan adalah salah satu fungsi yang sangat umum digunakan saat ini, yaitu untuk dapat melacak setiap jenis gerakan apakah itu panas, tekanan, suara, cahaya atau getaran di daerah tertentu.

2.1.1 Prinsip Kerja *Wireless Sensor Network*

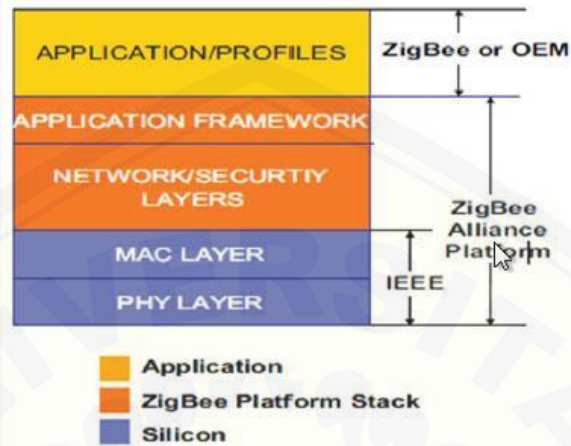
1. *Sensor board* mengumpulkan data berupa intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, ataupun pergerakan objek dalam ruangan.
2. *Mote* kemudian mengirimkan data sensing ke *gateway*.
3. *Gateway* mengolah data *sensing* dan mengirimkannya ke *server*.
4. *Server* memproses data dari *gateway* untuk ditampilkan. Bila sensor melaporkan parameter yang melewati batasan yang ditentukan, *server* memberi perintah pada kontroler.
5. Kontroler mengendalikan switch untuk menaikkan atau menurunkan kinerja peralatan listrik.

Topologi yang dapat digunakan dalam penerapan *Wireless Sensor Network* adalah topologi *Star*, *Ring*, *Bus*, *Tree*, *Mesh*, dan, *Fully connected*



Gambar 2.1 Topologi Jaringan *Wireless*

Model protokol pada *Wireless Sensor Network* adalah model protokol generik yang dapat digunakan untuk mendeskripsikan jalur komunikasi (*routing*) di dalam jaringan sensor nirkabel. Protokol ini bersifat *energy awareness*.

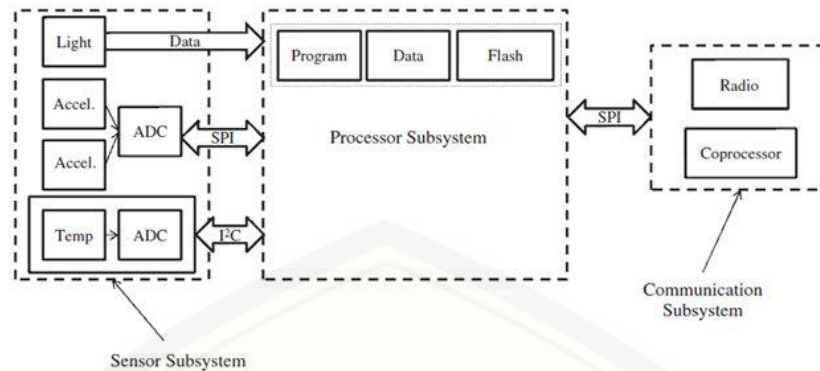


Gambar 2.2 Model Protokol WSN (Fuad, 2015)

2.1.2 Arsitektur *Wireless Sensor Network*

Setiap node WSN umumnya berisi sistem *sensing*, *processing*, *communication* dan *power* yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.3. Bagaimana menggabungkan ini adalah hal yang harus diperhatikan ketika kita melakukan perancangan. Sistem *processor* merupakan bagian sistem yang terpenting pada WSN yang dapat mempengaruhi *performance* ataupun konsumsi energi. Beberapa pilihan untuk processor dapat memilih antara lain:

1. *Microcontroller*
2. *Digital signal processor*
3. *Application-specific IC*
4. *Field programmable gate array*



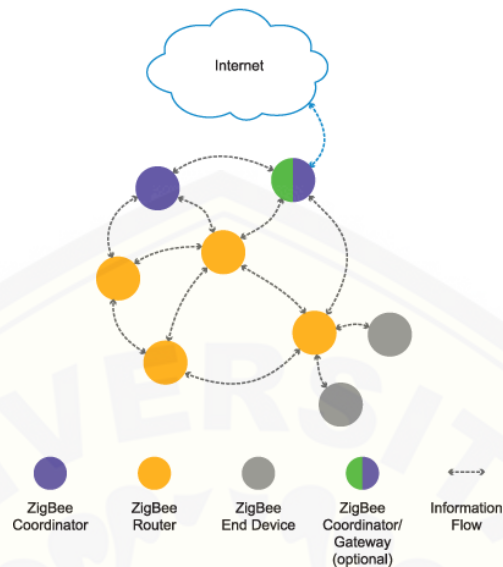
Gambar 2.3 Arsitektur umum pada sebuah WSN (Hariyawan, 2014)

2.2 Zigbee

ZigBee PRO menawarkan wireless mesh, jaringan dengan daya rendah mampu mendukung lebih dari 64.000 perangkat pada jaringan tunggal. Zigbee menyediakan jaringan standarisasi yang dirancang untuk menghubungkan jangkauan terluas perangkat, dalam industri apapun, menjadi sebuah jaringan kendali tunggal.

Jaringan ZigBee PRO terdiri dari beberapa jenis perangkat: ZigBee Coordinator, ZigBee Router dan ZigBee End Devices. ZigBee Coordinator mengontrol pembentukan dan keamanan jaringan. Router memperluas jangkauan jaringan sedangkan *End Devices* melakukan fungsi penginderaan atau kontrol tertentu. Produsen sering menciptakan perangkat yang melakukan beberapa fungsi, misalnya perangkat mengendalikan lampu dan juga pesan-rute ke seluruh jaringan. Grafik ini menggambarkan contoh topologi ZigBee yang mencakup satu koordinator, lima perangkat *routing*, dua perangkat *end* menciptakan jaringan kontrol dan koordinator kombinasi opsional / *gateway* menyediakan akses ke Internet untuk kontrol lebih fleksibel.

ZigBee Network Topology



Gambar 2.4 Topologi Jaringan Zigbee

2.2.1 Xbee Pro S2B

Modul RF Xbee Pro merupakan salah satu modul nirkabel yang terdiri atas pengirim dan penerima yang berfungsi untuk komunikasi secara *fullduplex*. Xbee dan Modul RF Xbee Pro OEM dibuat untuk memenuhi standar IEEE 802.15.4 dengan dukungan kebutuhan biaya yang rendah, daya yang kecil dan memberikab komunikasi yang handal. Modul ini beroperasi di frekuensi ISM 2,4 GHz dan pin – pin yang didukung perangkat lain.

Gambar 2.5 Modul *Wireless* XBee PRO S2B

(Sumber: Xbee®/Xbee-PRO® ZB RF Modules, Manual Book)

2.2.2 Spesifikasi Modul Wireless XBee PRO S2B

Pada tabel 2.1 dijelaskan spesifikasi dari modul Wireless XBee PRO S2B, spesifikasi ini sangat berguna untuk mengetahui kemampuan dari modul wireless yang digunakan. Hal ini memberikan informasi dari perangkat mulai dari daya yang digunakan dan jarak jangkauan maksimal dari modul wireless. Informasi ini menjadi hal yang berguna untuk penggunaan modul wireless secara tepat sehingga tidak merusak perangkat yang digunakan. Penggunaan secara tepat dapat menjaga dan mempertahankan kondisi modul untuk tetap dalam kondisi yang baik

Tabel 2.1 Spesifikasi Modul XBee PRO S2B

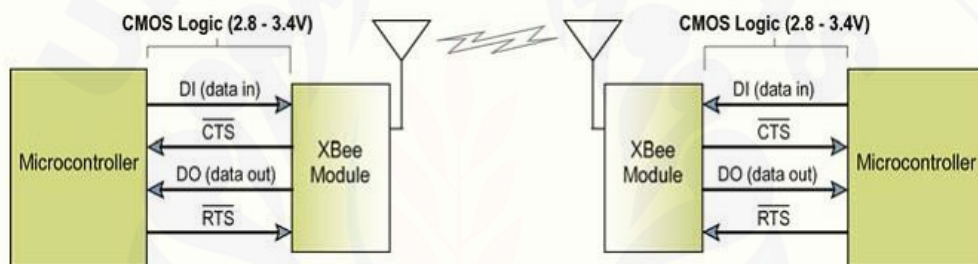
Platform	Xbee ZB	Xbee-PRO ZB	Program Xbee PRO
<i>Performance</i>			
<i>RF Data Rate</i>	250 Kbps		
<i>Indoor/Urban Range</i>	133 ft (40m)	300 ft (90m)	
<i>Outdoor/RF Line-of-Sight Range</i>	400 ft (120m)	2 miles (3200m) / Intl 5000 ft (1500m)	
<i>Transmitt Power</i>	1.25 mW/2 mW	63 mW/Intl 10 Mw	
<i>Receiver Sensitivity</i>	-96 dBm in bosst mode	-102 dBm	
<i>Features</i>			
<i>Adjustable Power</i>	Yes		
<i>I/O Interface</i>	3,3V CMOS UART, ADC, DIO	3,3 CMOS UART, SPI PWM	
<i>Configuration Method</i>	API or AT command, local or over-the-air		
<i>Frequency Band</i>	2,4 GHz		
<i>Interference Immunity</i>	DSSS (Direct Sequence Speed Spectrum)		
<i>Serial Data Rate</i>	1200 bps-1 Mbps		
<i>ADC Input</i>	(4) 10-bit ADC inputs		
<i>Digital I/O</i>	10		
<i>Antenna Options</i>	Chip, Wire Whip, U.FL,	PCB embedded Antena,	

	RPSMA	Wire Whip, U.FL
<i>Operating Temperature</i>	-40 ⁰ C + 85 ⁰ C, 0-95%	

(Sumber: Datasheet Xbee PRO XBP24bz7WIT)

2.2.3 Komunikasi Serial

Modul Xbee Pro ini berhubungan melalui logic-level *asynchronous* serial port, melalui port serial ini modul berkomunikasi dengan logika dan tegangan yang sesuai Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART). Perangkat yang memiliki interface UART dapat terhubung secara langsung dengan modul RF seperti Xbee.



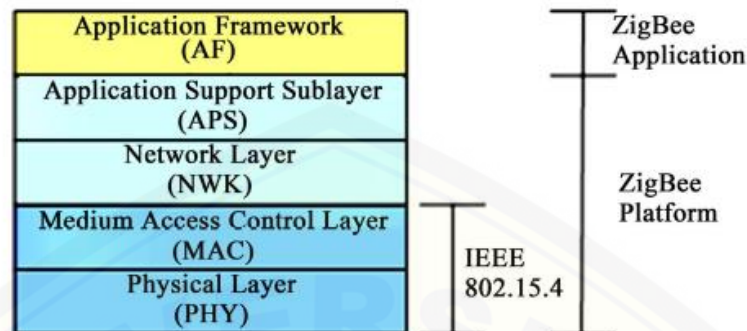
Gambar 2.6 Diagram Sistem Alur Data UART Interface

(Sumber: Xbee®/Xbee-PRO® ZB RF Modules, Manual Book)

2.2.4 Protokol Zigbee

Jaringan *wireless* ZigBee terdiri dari tiga peran: satu *coordinator*, beberapa perangkat end dan router. *Coordinator* adalah FFD khusus (full function device) yang bertanggung jawab untuk menciptakan dan memelihara seluruh ZigBee PAN (personal area *network*). Selama fase inisialisasi jaringan, koordinator memindai saluran radio yang tersedia untuk menemukan saluran yang paling sesuai. Biasanya, ini akan menjadi saluran dengan aktivitas setidaknya. koordinator dapat diprogram dengan PAN ID (Personal Area Network Identifier) atau dinamis scan untuk ID jaringan PAN yang ada di frekuensi yang sama dan menghasilkan konflik PAN ID. Setelah fase inisialisasi koordinator, koordinator

menunggu permintaan dari perangkat ZigBee untuk bergabung dengan jaringan (Fei Lu, 2012).



Gambar 2.7 Struktur Protokol Zigbee (Fei Lu, 2012).

Fitur protokol ZigBee antara lain:

1. Dukungan untuk beberapa topologi jaringan seperti *point-to-point*, *point-to-multipoint* dan jaringan *mesh*.
2. Siklus rendah - menyediakan baterai yang tahan lama.
3. *Latency* rendah.
4. *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS).
5. Dapat menangani 65000 *node* per jaringan.
6. Enkripsi 128-bit AES untuk koneksi data yang aman.
7. Menghindari *collision*, *retries* dan *acknowledgement* (Digi 2016).

2.2.5 Parameter Zigbee

Pada bagian ini terdapat parameter penting ZigBee. Sebagian besar parameter ini dapat dikonfigurasi melalui XCTU.

1. Fungsi Set: Dari pengguna opsi ini menentukan peran perangkat dan pilihandari mode operasi.
2. BD: Baud Rate adalah kecepatan interface serial yang harus sama untuk semua perangkat.
3. PAN ID: Semua perangkat dalam jaringan harus memiliki ID PAN yang sama.
4. SH dan SL: Setiap perangkat XBee memiliki alamat 64-bit yang unik. Parameter ini memberikan alamat sumber.

5. DH dan DL: Ketika pengguna ingin mengirim data ke XBee lain alamat 64-bit dari penerima harus ditetapkan untuk DH dan DL pengirim agar pengirim mendapat informasi tentang di mana untuk mengirim data.
6. MY: Parameter ini dikenal sebagai 16-bit *Network Address* yang secara otomatis ditetapkan oleh koordinator.
7. PL: ini adalah Tingkat Daya, menggunakan parameter ini dimungkinkan untuk memilih daya pancar tingkat perangkat. (Sheikh, 2014)

2.2.6 Received signal strength indication (RSSI)

Energi yang dapat dideteksi oleh penerima terdiri dari beberapa tingkatan jarak. Pengukuran kekuatan sinyal menggunakan unit pengukuran disebut decibel miliwatt, atau dBm. Decibel merupakan unit sederhana yang berhubungan antara dua pengukuran daya. Decibel ini merupakan pengukuran tanda dimensi. Nilai daya akan dapat diketahui dan dikomparasikan dengan mudah dengan cara mengasosiasikan ukuran decibel dengan unit tertentu. Berdasarkan definisi decibel miliwatt, $0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$. Jika nilai daya lebih besar dari 1 mW berarti nilai tersebut positif, sedangkan nilai dibawah 1 mW merupakan nilai *negative* (Mulyanta, 2005).

RSSI diukur pada sisi penerima saat berkomunikasi dengan pengirim dengan menggunakan perubahan kondisi jarak saat komunikasi. Pengukuran dilakukan menggunakan *software* XCTU yang terhubung dengan modul Xbee yang digunakan. *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) adalah sebuah ukuran kekuatan sinyal radio yang diterima oleh *receiver*. Teknologi *localization node of wireless sensor network* (WSN) biasanya menggunakan nilai RSSI untuk melakukan pengukuran jarak. Persamaan 2.1 adalah model yang sering digunakan dalam proses transmisi sinyal radio/*wireless*.

$$[P_r(d)] = [P_r(d_0)]_{dBm} - 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{dBm} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan, d adalah jarak antara pemancar dan penerima dalam satuan meter (m), d_0 adalah jarak referensi yang bernilai sama dengan 1 meter, $P_r(d)$ adalah kekuatan sinyal pada sisi penerima, X_{dBm} adalah variabel acak Gaussian

yang nilai rata-ratanya adalah 0 nilai menunjukkan perubahan kekuatan sinyal yang diterima dalam jarak tertentu, n adalah indeks *path loss*. Dari persamaan ini diperoleh proses penyederhanaan yang ditunjukkan pada persamaan 2.2.

$$[P_r(d)] = [P_r(d_0)]_{dBm} - 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Nilai $d_0 = 1$ m, sehingga didapatkan persamaan untuk mengukur nilai RSSI berdasarkan perubahan jarak ditunjukkan pada persamaan 2.3 dan 2.4.

$$RSSI[dBm] = [P_r(d_0)]_{dBm} = A - 10n \lg d \dots\dots\dots(2.3)$$

$$d = 10^{\left(\frac{A-RSSI}{10n}\right)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan A adalah kekuatan sinyal pada penerima dengan jarak 1 m dengan satuan dBm.

Tabel 2.2 Indeks *Path Loss*

Lingkungan	Indeks <i>path loss</i> , n
<i>Free space</i>	2
<i>Urban area</i>	2,7 – 3,5
<i>Suburban area</i>	3 – 5
<i>Indoor (line-of-sight)</i>	1,6 – 1,8

(Andika, 2013)

Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai RSSI dapat dibagi menjadi beberapa level, level ini menunjukkan bagaimana kualitas dari suatu sinyal. Dapat dilihat pada tabel 2.3 merupakan pembagian dari level RSSI.

Tabel 2.3 Rentang Sinyal RSSI

Level RSSI	Keterangan
-30 to -60	Sangat kuat. Jarak pemancar dan penerima sangat dekat.
-60 to -90	Sangat baik. Cakupan dekat.
-90 to -105	Baik. Terdapat beberapa data yang tidak diterima.
-105 to -115	Buruk. Dapat menerima tetapi sering drop-out
-115 to -120	Sangat buruk. Sinyal lemah data sering hilang.

(<http://www.raveon.com>)

2.2.7 Daya Sinyal

Energi *electric* pada gelombang radio dan sinyal listrik yang lain terkadang diukur dalam Watt, pada jaringan WLAN 802.11 menggunakan ukuran (mW). Energi yang dapat dideteksi oleh antena penerima terdiri dari beberapa tingkatan jarak. *Noise* juga merupakan energi listrik. Dalam bentuk pelaporannya, noise menggunakan bentuk pengukuran yang sama meskipun dalam bentuk presentase atau dBm. Rasio sinyal terhadap noise merupakan perbedaan antara sinyal dan noise sederhana (Mulyanta, 2005).

Secara matematis, dinyatakan dengan menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6:

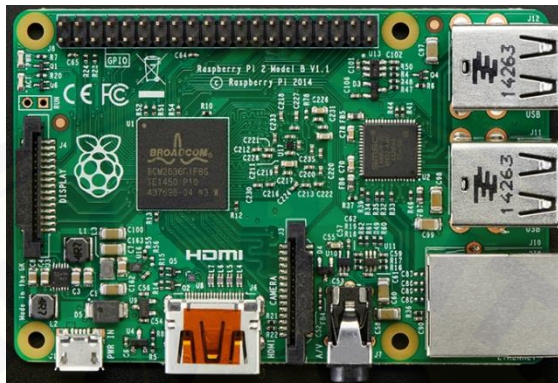
$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$dBm = 10 \log_{10} \left[\frac{(P_{out}(mW))}{(P_{in}(1 mW))} \right] \dots\dots\dots (2.6)$$

2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah komputer mini seukuran kartu kredit. Gambar 2.8 memperlihatkan struktur sebuah Raspberry Pi 2 tipe B. Spesifikasinya adalah sebagai berikut: CPU 900 MHz quad-core ARM Cortex A7, RAM 1 GB, *harddisk*-nya berupa SD *card* minimal 4GB dengan *Class* 10, empat buah *port* USB, 1 *port* HDMI, 1 *port* video (RCA), 1 buah *port* audio, 1 *port* LAN (RJ45) dan beberapa pin GPIO (*General Purpose Input Output*). Sebagai sebuah komputer mini dengan spesifikasi *hardware* yang terbatas, maka untuk sistem

operasinya juga bertipe ringan. Untuk sistem operasi yang dapat berjalan di Rapsberry adalah Linux dengan distro sebagai berikut: Raspbian, Arch Linux, Risc OS, Fedora dan FreeBSD. Untuk Raspberry Pi 2 model B sudah mendukung sistem operasi windows 10.



Gambar 2.8 *Hardware* pada Raspberry Pi (Andi Adriansyah, 2014)

Raspberry Pi adalah *platform* yang sangat fleksibel, ada banyak hal yang bisa dilakukan dengan Raspberry Pi. Beberapa hal tersebut antara lain:

1. *General Purpose Computing*

Raspberry Pi dapat dijadikan sebagai komputer seperti biasa kita gunakan sehari-hari dengan menghubungkannya ke monitor dan mengatur tampilan grafisnya melalui *web browser*.

2. *Media Belajar Pemrograman*

Di dalam Raspberry Pi sudah terdapat *interpreter* dan *compiler* dari berbagai bahasa pemrograman seperti C, Ruby, Java, Perl dan lain-lain karena sebenarnya tujuan awal Raspberry Pi adalah untuk mendorong anak-anak untuk belajar pemrograman.

3. *Project Platform*

Raspberry Pi mempunyai kemampuan untuk berintegrasi dengan alat-alat elektronikalain. Misalnya, Raspberry Pi bias digunakan sebagai remot AC.

4. *Media Center*

Karena Raspberry Pi memiliki *port* HDMI dan audio/video, maka Raspberry Pi dapat dengan mudah dihubungkan ke monitor. Keunggulan ini didukung oleh kekuatan prosesor Raspberry Pi yang cukup untuk memutar video

full screen yang *high definition*. Selain itu, didalam Raspberry Pi sendiri sudah terdapat XBMC (*mediaplayer*) yang *men-support* berbagai macam format media *file*. (Andi Adriansyah, 2014).

2.4 Plotly

Plotly's Python *graphing library* dibuat secara interaktif, digunakan untuk publikasi kualitas grafik secara *online*. Plot.ly memiliki fitur line plot, scatter plots, area chart, bar chart, error bars, box plot, histogram, heatmaps, subplot, multiple-axes, grafik kutub, dan grafik gelembung. Pada web plotly memiliki kelebihan yaitu apabila data sensor terunggah pada web akan dihasilkan sebuah database dari data yang terunggah serta grafik dari data yang diunggah.(<https://plot.ly/python/>)



Gambar 2.9 Plot.ly (<https://plot.ly/static/img/logo.png>)

2.5 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah *board mikrokontroller* yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 *pin input/output* yang mana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM*, 6 *analog input*, *crystal* osilator 16 MHz, koneksi *USB*, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Arduino mampu *men-support mikrokontroller*, dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.

Arduino memiliki kelebihan tersendiri disbanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *opensource*, Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* Arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan pengguna

ketika memprogram mikrokontroler didalam Arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram *mikrokontroller*. *Port* USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, dapat juga difungsikan sebagai *port* komunikasi *serial*.



Gambar 2.10 *Board* Arduino UNO

(<https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>)

Arduino menyediakan 20 *pin* I/O, yang terdiri dari 6 *pininputanalog* dan 14 *pin digitalinput/output*. Untuk 6 *pinanalog* dapat difungsikan sebagai *outputdigital* jika diperlukan *outputdigital* tambahan selain 14 *pin* yang sudah tersedia. Untuk mengubah *pinanalog* menjadi *digital* cukup mengubah konfigurasi *pin* pada program. Dalam *board* kita bisa lihat *pin digital* diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan *pinanalog* menjadi *outputdigital*, *pinanalog* yang pada keterangan *board* 0-5 kita ubah menjadi *pin* 14-19. dengan kata lain *pinanalog* 0-5 berfungsi juga sebagai *pinoutputdigital* 14-16.

Tabel 2.4 Deskripsi Arduino UNO

<i>Mikrokontroller</i>	ATmega 328
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan <i>Input</i> yang disarankan	7-12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6-20 V
Jumlah <i>pin</i> I/O <i>digital</i>	14 pin (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah <i>pin</i> <i>input</i> analog	6 <i>pin</i>

Arus DC tiap <i>pin</i> I/O	40 mA
Arus DC untuk <i>pin</i> 3,3 V	50 mA
<i>Memory Flash</i>	32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i> .
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

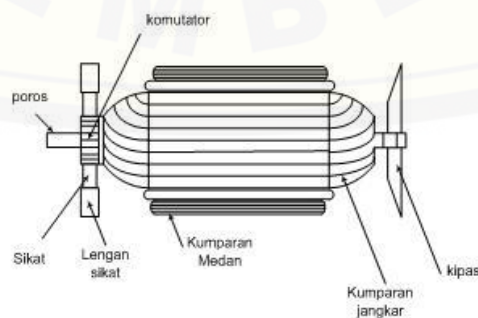
(<https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>)

2.6 Aktuator

Aktuator adalah bagian yang berfungsi sebagai penggerak dari perintah yang diberikan oleh *input*. Aktuator elektrik adalah aktuator yang menggunakan listrik sebagai tenaga penggerakannya. Beberapa aktuator elektrik yang biasa digunakan antara lain solenoid, motor DC, motor stepper, servomotor, dan motor AC (Rahmawan, 2013).

2.6.1 Motor DC

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang merubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis yang berupa putaran. Hampir pada semua prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja baik sebagai generator DC akan bekerja baik pula sebagai motor DC. Oleh sebab itu sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah.



Gambar 2.11 Motor DC (Sumber : Jaya, 2012)

2.7 Sensor Tegangan

Modul ini dibuat berdasarkan prinsip desain *voltage divider* (pembagi tegangan), dapat terbaca secara analog 5 kali lebih kecil dari tegangan yang terdeteksi. Masukan tegangan analog pada arduino mencapai 5 V, sehingga modul dapat mendeteksi tidak lebih dari $5V \times 5 = 25V$ (jika menggunakan 3.3V, *inputvoltage* tidak lebih besar dari $3.3V \times 5 = 16.5V$). Arduino memiliki 10bit AD, maka modul ini dapat mensimulasikan resolusi 0.00489V ($5V/1023$), sehingga minimum tegangan yang terdeteksi modul sebesar $0.00589V \times 5 = 0.002445V$.



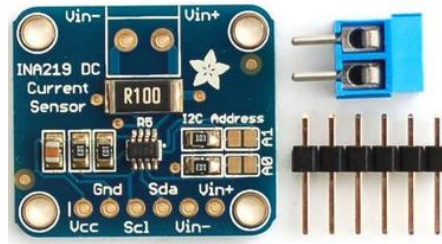
Gambar 2.12 Sensor Tegangan

Spesifikasi Sensor Tegangan

1. *Range* tegangan masuk : DC 0V-25V
2. *Range* deteksi : DC 0.02445V- 25V
3. Resolusi analog : 0.00489 V
4. *Interface Input* : Terminal positif untuk VCC, negatif untuk GND

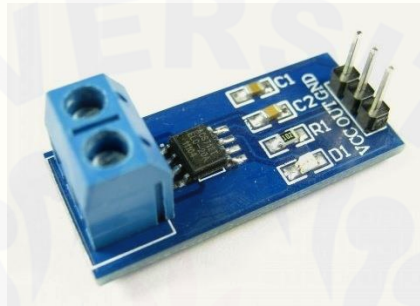
2.8 Sensor Arus INA219

Modul sensor INA219 merupakan sensor untuk mengukur arus DC hingga +26V DC, sensor ini bagus digunakan untuk mengukur masa hidup baterai atau panel surya. Sensor ini memiliki penguat dengan tingkat presisi yang baik, ketika masukan amplifier maximum berbeda sekitar ± 320 mV ini dapat diartikan dapat mengukur hingga $\pm 3,2$ Amps. Dengan internal 12 bit ADC, resolusi pada $\pm 3,2$ A sekitar 0,8 mA. Dengan gain internal diatur minimal div8, arus maximal sekitar ± 400 mA dan resolusi 0,1 mA.



Gambar 2.13 Sensor Arus

2.9 Sensor ACS 712



Gambar 2.14 Sensor Arus ACS 712

Modul sensor ACS712 menyediakan solusi untuk aplikasi yang umum termasuk kontrol motor, deteksi beban dan manajemen, catu daya *mode switched*, dan proteksi kesalahan arus lebih.

Perangkat terdiri dari sirkuit sensor Hall linier yang presisi, *low-offset*, dan jalur konduksi tembaga yang terletak di dekat permukaan die. Arus terapan yang mengalir melalui jalur konduksi tembaga ini menghasilkan medan magnet yang diketahui oleh IC Hall terpadu dan diubah menjadi tegangan proporsional. *Output* dari perangkat memiliki kemiringan positif ($> V$) ketika arus yang meningkat mengalir melalui jalur konduksi tembaga primer (dari pin 1 dan 2, ke pin 3 dan 4), yang merupakan jalur yang digunakan untuk penginderaan arus. Resistansi internal dari jalur konduktif ini 1,2 m Ω khas, memberikan daya rendah.

2.9.1 Spesifikasi Sensor

1. Jalur sinyal analog dengan *noise* rendah.
9. 2.1 kVRMSACS712-DS, Rev. 7
Tegangan isolasi minimum dari pin

- | | |
|---|---|
| 2. Bandwidth perangkat diatur melalui pin FILTER yang baru. | 1-4 sampai pin 5-8 |
| 3. Waktu naik 5 μ s sebagai respons terhadap arus masukan langkah | 10. 66 sampai 185 mV / Sensitivitas keluaran |
| 4. Bandwidth 80 kHz | 11. Tegangan <i>output</i> sebanding dengan arus AC atau DC |
| 5. Kesalahan <i>output</i> total 1,5% pada T = 25 ° C | 12. Keluaran tegangan offset yang sangat stabil |
| 6. Jejak kecil, paket SOIC8 <i>low profile</i> | 13. Hampir nol histeresis magnetic |
| 7. 1,2 m Ω tahanan konduktor internal | 14. <i>Output</i> ratiometrik dari tegangan suplai |
| 8. 5.0 V, operasi tunggal | |

2.10 Sensor Rotary Encoder

Modul sensor ini digunakan untuk mendeteksi kecepatan motor, modul dapat dihubungkan untuk relay, switch dan komposisi fungsional lain seperti digunakan untuk membuat alarm.



Gambar 2.15 Sensor Rotary Encoder

2.10.1 Spesifikasi Sensor

1. Lebar slor 5 mm
2. Indikator keluaran berupa LED low dan high
3. Keluaran sinyal komparator bersih
4. Bekerja pada tegangan 3,3 V – 5 V
5. Format keluaran berupa 0 dan 1
6. Piringan kecil PCB dengan ukuran 3,2 cm x 1,4 cm

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pembahasan pada bab metode penelitian ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu obyek penelitian, tahap penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan, langkah-langkah dalam pengambilan data dan manajemen penelitian di lapangan, pengolahan data serta *software* yang digunakan dalam penelitian.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada Desember 2016 – Maret 2017 di Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan, Fakultas Teknik dan Laboratorium Elektronika Terapan Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Hardware:

1. Raspberry Pi 2 model B.
2. *Power Supply input* 2,1 A.
3. Modul sensor ACS712 untuk mendeteksi arus.
4. Modul sensor tegangan untuk mendeteksi tegangan motor DC.
5. Modul sensor INA 219 DC untuk mendeteksi arus DC.
6. Xbee Pro S2B
7. Kabel UTP
8. Laptop sebagai *remoteserver* dan *moinitoring*.
9. Multimeter
10. Motor DC
11. Baterai lithium-ion

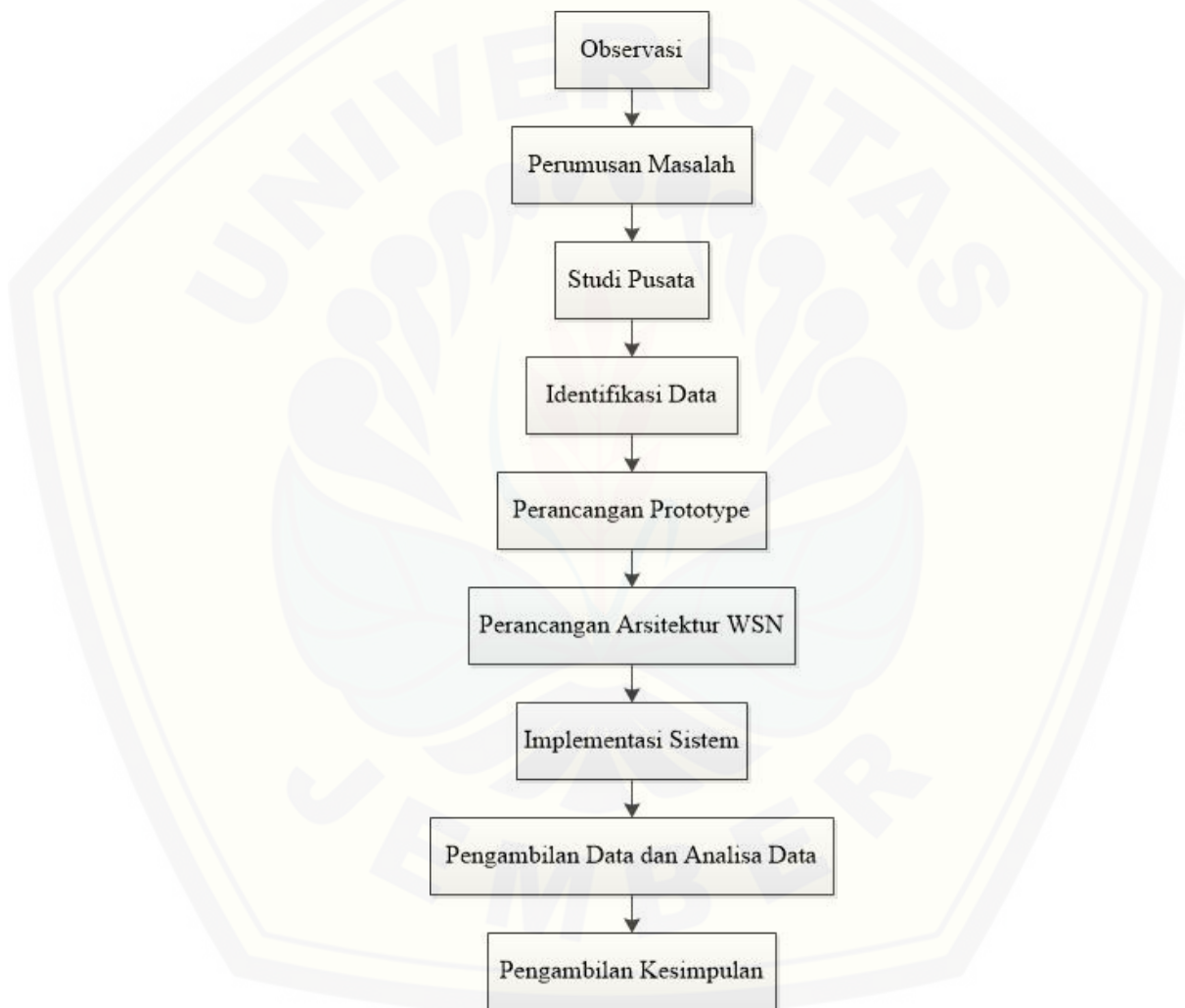
Software:

1. OS Debian Whezzy
2. Python digunakan sebagai bahasa pemrograman.

3. Putty untuk *remote* Raspberry melalui dekstop.
4. Connectify LAN untuk berbagi sambungan internet ke Raspberry.

3.3 Tahapan Penelitian

Penyusunan penelitian ini memiliki beberapa tahapan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam penelitian, adapun tahapan penelitian yang dilakukan untuk memperoleh data adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian ini dilakukan dengan observasi untuk mengetahui dan menentukan tema objek yang akan diteliti. Selanjutnya yaitu perumusan masalah dari beberapa peristiwa yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan

dengan objek yang diteliti. Penelitian yang digunakan yaitu untuk mengetahui tingkat kebisingan suara pada tempat umum yang sering dikunjungi oleh masyarakat secara *real time*. Tahap berikutnya mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang metode monitoring tingkat kebisingan suara secara *wireless* atau tanpa kabel. Setelah mengumpulkan landasan teori hal yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi data yang dibutuhkan dari itu kita dapat menentukan sistem telemetri dan *software* yang digunakan.

Tahap selanjutnya yaitu merancang atau membuat alat sistem. Perancangan ini terdiri dari perancangan *prototype node* sensor dan *prototype node coordinator/sink*. *Prototype node sensor* merupakan unit yang bertindak sebagai pengambil data pengukuran dimana terdiri dari sensor dan xbee. Selanjutnya adalah perancangan arsitektur WSN, Ada beberapa tipe topologi jaringan yang dapat diterapkan menggunakan protokol ZigBee diantaranya *Star*, *Mesh* dan *Cluster Tree*. Selanjutnya setelah semua *prototype* siap digunakan maka tahap selanjutnya adalah implementasi sistem. Sebelum dicoba di lokasi, sistem ini dicobakan dulu di laboratorium untuk melihat transaksi komunikasi yang terjadi. Kemudian setelah itu baru dilakukan implementasi di lokasi sesuai dengan pemetaan yang telah dilakukan.

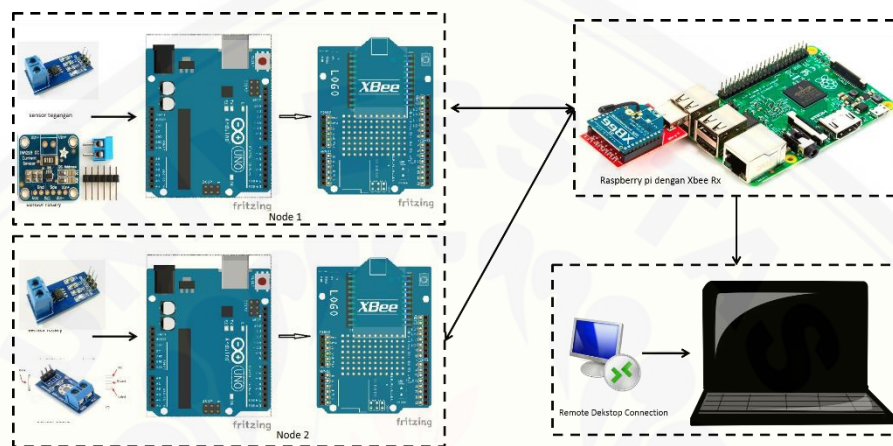
Pada tahap berikutnya pengambilan dan analisa data yaitu nilai RSSI pada komunikasi nirkabel, besarnya daya, dan data sensor yang telah diperoleh. Kemudian analisis pada nilai sensor yang digunakan berupa nilai dari tegangan dan arus. Data sensor tegangan dan arus akan diukur menggunakan Avo meter untuk mengetahui perbedaan data antara pengukuran dan proses monitoring. Tahap akhir yaitu membuat kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan.

3.4 Perencanaan Alat

Pada bagian ini akan dilakukan perancangan alat yang terdiri dari komponen berupa sensor, Arduino Uno, modul Xbee Pro dan Raspberry sebagai penerima dan pengolah data dari sistem pemantauan yang dilakukan. Pada perancangan alat terdiri dari dua komponen yaitu blok diagram dan flowchart dari alat yang dibuat. Blok diagram terdiri 2 bagian yaitu sisi pengirim yang terdiri

dari *node 1* dan *node 2* yang didalamnya memiliki komponen berupa sensor, Arduino Uno dan modul Xbee Pro serta bagian kedua merupakan sisi pengirim berupa Raspberry Pi dan modul Xbee Pro yang akan menerima dan mengolah data sensor yang dikirim oleh *node 1* dan *node 2* sebagai pengirim.

3.4.1 Blok Diagram



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Gambar 3.2 merupakan gambar diagram blok dari alat yang akan di buat, alat tersebut terdiri atas 3 bagian coordinator, node 1 dan node 2. Berikut adalah penjelasan dari bagian – bagian tersebut :

1. *Coordinator*

Coordinator merupakan tempat dimana data akan diterima dan diolah. Komponen terdiri atas modul Xbee Pro S2B (Rx), Raspberry Pi dengan sistem operasi Linux Jessie dan raspi akan di remote menggunakan windows dengan *tool remote desktop connection* untuk masuk pada tampilan desktop sehingga diketahui data yang di pantau. Data yang diterima raspi ditampilkan menggunakan program Python 2.

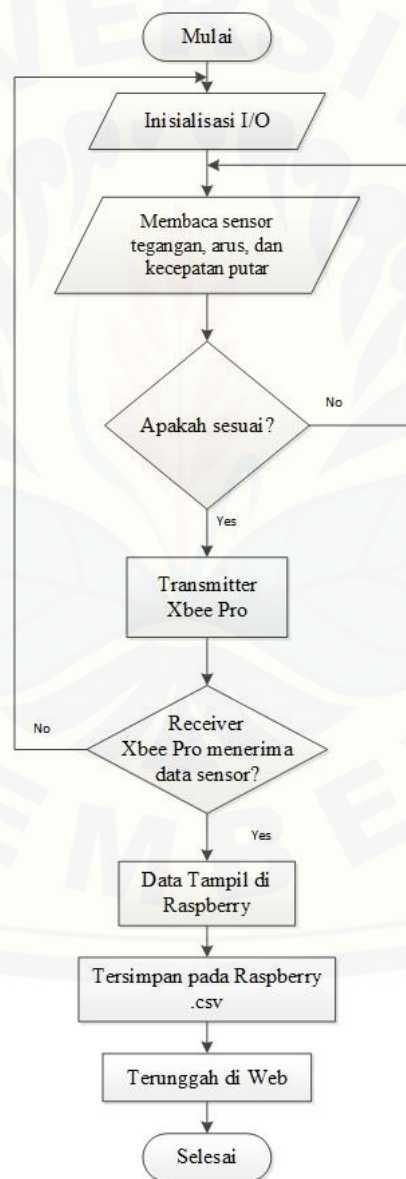
2. *Node 1*

Pada bagian ini node 1 terdiri atas sensor tegangan, sensor arus, modul Xbee Pro S2B (Tx), Xbee shield, SD Card shield 3.0 dan Arduino Uno. Bagian ini akan mengirimkan data berupa data tegangan dan arus DC yang akan dipantau. Bagian ini diprogram dengan software Arduino sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.

3. Node 2

Pada bagian ini node 2 terdiri atas sensor tegangan, sensor arus dan sensor rotary encoder, modul Xbee Pro S2B (Tx), Xbee shield, SD Card shield 3.0 dan Arduino Uno. Bagian ini akan mengirimkan data berupa data tegangan dan arus DC pada motor DC. Bagian ini diprogram dengan software Arduino sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.

3.4.2 Flowchart



Gambar 3.3 Flowchart

Gambar 3.3 merupakan *flowchart* sistem secara keseluruhan. Proses mulai kemudian dilakukan inialisasi *input* dan *output*. Selanjutnya sensor membaca parameter berupa tegangan, arus dan kecepatan putar, kemudian apabila kondisi belum sesuai maka proses akan diulang dari awal kembali sampai data diperoleh dan proses selesai. Data sensor yang telah memenuhi kondisi tersebut akan kemudian dikirim ke sisi penerima yaitu raspberry melalui modul pengirim data yaitu XBee PRO S2B. Apabila proses pengiriman data sensor gagal maka proses akan diulang dari awal kembali sampai kondisi terpenuhi. Raspberry terhubung dengan jaringan internet dan *coordinator* Xbee kemudian data tersimpan sebagai data *logger* di Raspberry dan data sensor terunggah pada web yang telah di program sehingga menghasilkan keluaran berupa grafik dan database pada web yang digunakan.

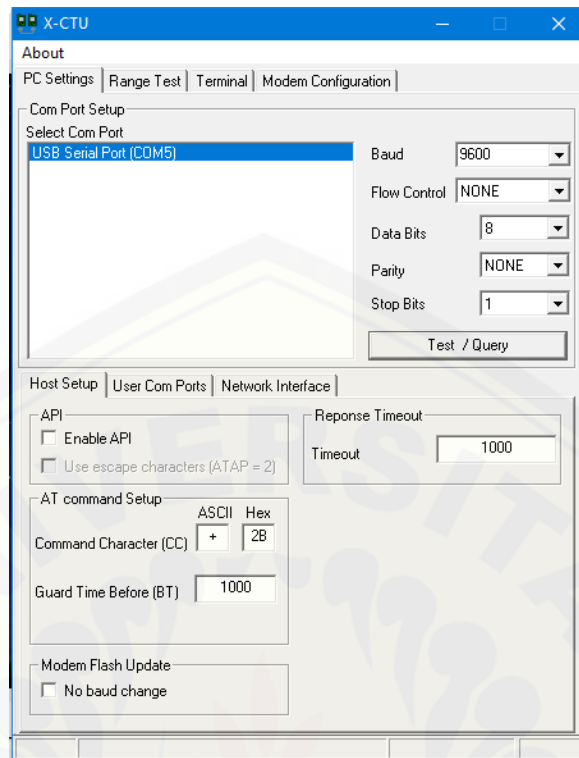
3.5 Perancangan Arsitektur WSN

Perancangan arsitektur *wireless sensor network* berbasis Zigbee dan Raspberry pi untuk sistem pemantauan aktuator meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

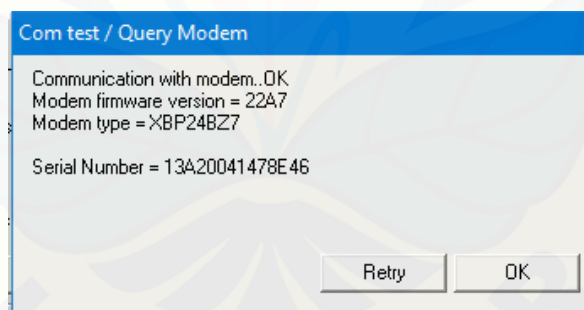
3.5.1 Konfigurasi Modul Xbee Pro

Konfigurasi modul Xbee Pro digunakan untuk komunikasi dari sensor ke Raspberry menggunakan komunikasi nirkabel. Modul ini berkomunikasi menggunakan channel dari masing node dan coordinator sehingga apabila channel tidak sesuai maka tidak dapat berkomunikasi bahkan saling bertabrakan. Pertama proses konfigurasi akan dilakukan untuk modul Xbee Pro yang menjadi coordinator kemudian node 1 dan node 2.

Hubungkan modul Xbee Pro menggunakan port USB agar lebih mudah, kemudian buka software XCTU. Software ini digunakan untuk pengaturan dari modul Xbee Pro. Apabila driver serial pada Laptop/PC sudah terinstall maka modul akan otomatis terdeteksi, apabila tidak install driver terlebih dahulu sebelum proses konfigurasi. Pada jendela XCTU akan muncul sebagai berikut :



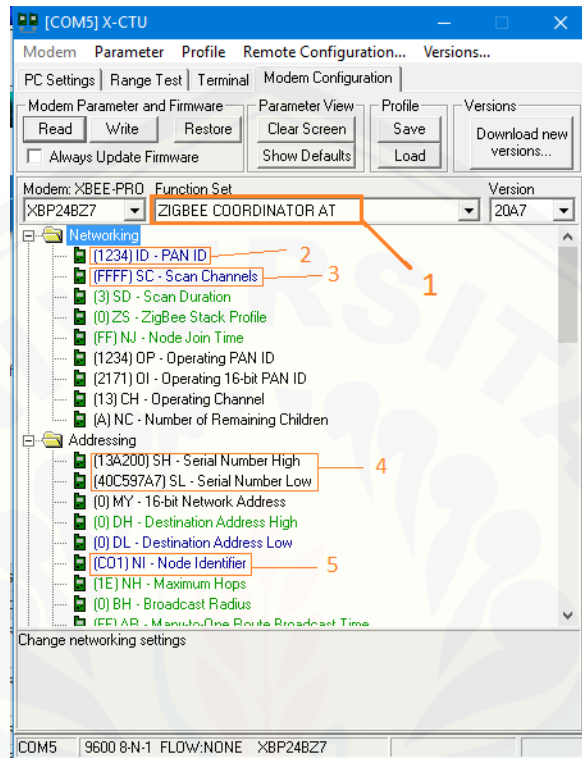
Gambar 3.4 Konfigurasi Xbee Pro



Gambar 3.5 Test Komunikasi Xbee Pro

Apabila modul terdeteksi maka akan muncul seperti gambar 3.4, kemudian konfigurasi berikutnya atur baudrate menjadi 9600. Kemudian pilih tombol Test / Query untuk mengetahui modul Xbee Pro yang digunakan, apabila berhasil maka akan muncul tampilan seperti gambar 3.5. Gambar 3.5 menunjukkan bahwa modul Xbee Pro terhubung dengan Laptop/PC dengan type dan versi firmware dari modul Xbee Pro. Proses selanjutnya pilih Modem Configuration untuk mengatur identitas dari Xbee Pro. Ulangi proses konfigurasi untuk coordinator

dan node – node yang akan digunakan sampai modul Xbee Pro dapat berkomunikasi. Selanjutnya adalah konfigurasi untuk coordinator, tahapannya adalah sebagai berikut.



Gambar 3.6 Konfigurasi Modul Xbee Pro sebagai Coordinator

Pada gambar 3.6 pilih tombol read untuk mengetahui konfigurasi dari Xbee Pro secara default, kemudian atur modul Xbee Pro pada function set menjadi Zigbee Coordinator AT yang ditunjukkan pada nomer 1. Kemudian berikut adalah tahapan – tahapan selanjutnya dari konfigurasi coordinator Xbee pro.

Networking :

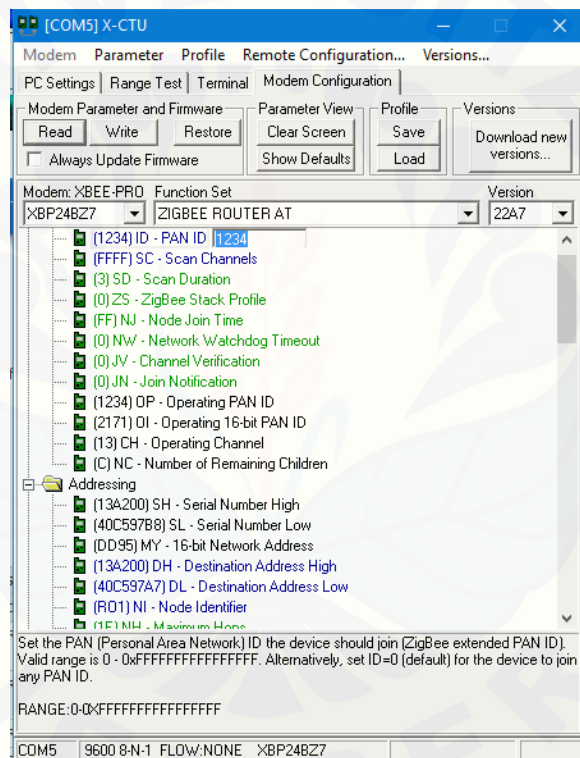
- PAN ID : 1234
- SC : 7FFF

Addressing :

- SH : default
- SL : default
- NI : CO1 (sesuai kebutuhan)

- BR : 9600

Pada bagian addressing untuk SH dan SL merupakan pengaturan default dari Xbee Pro, identitas ini digunakan untuk berkomunikasi antar modul lain sesuai dengan konfigurasi dan fungsi dari modul Xbee Pro. Catat SH dan SL dari coordinator karena akan di masukkan pada konfigurasi node 1 dan node 2 sebagai komunikasi point to point modul Xbee Pro. Setelah seluruh konfigurasi selesai simpan pengaturan dengan memilih tombol write pada jendela, maka konfigurasi akan tersimpan.



Gambar 3.7 Konfigurasi Node 1

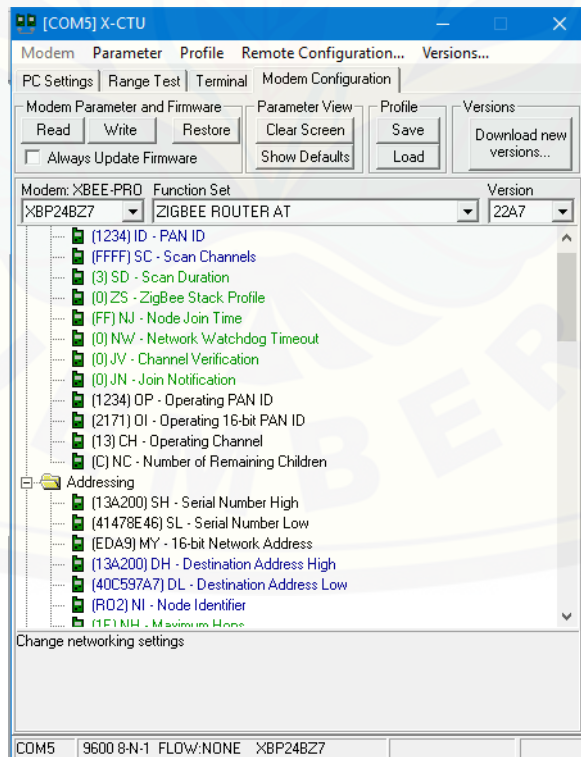
Gambar 3.7 merupakan konfigurasi untuk node 1, proses konfigurasi dengan mengubah function set menjadi Zigbee Router AT. Pada bagian networking dan addressing akan diubah sesuai dengan coordinator agar modul sapat berkomunikasi, yaitu sebagai berikut.

Networking :

- PAN ID : 1234

- SC : 7FFF
- Addressing :
- SH : default
- SL : default
- DH : 13A200 (SH coordinator)
- DL : 40C597A7 (SL coordinator)
- NI : RO1 (sesuai kebutuhan)
- BR : 9600

Pada konfigurasi node 1 SH dan SL pada coordinator dimasukkan pada DH dan DL agar node 1 dapat berkomunikasi dengan coordinator sebagai destination untuk pengiriman data nantinya. Dalam memasukkan identitas ini perlu diperhatikan supaya tidak terjadi kesalahan yang menyebabkan node 1 tidak dapat berkomunikasi dengan coordinator. Apabila proses selesai pilih tombol write untuk menyimpan konfigurasi yang dilakukan.



Gambar 3.8 Konfigurasi Node 2

Untuk konfigurasi ini sama dengan konfigurasi pada node 1, proses konfigurasi dengan mengubah function set menjadi Zigbee Router AT. Pada bagian networking dan addressing akan diubah sesuai dengan coordinator agar modul sapat berkomunikasi, yaitu sebagai berikut.

Networking :

- PAN ID : 1234
- SC : 7FFF

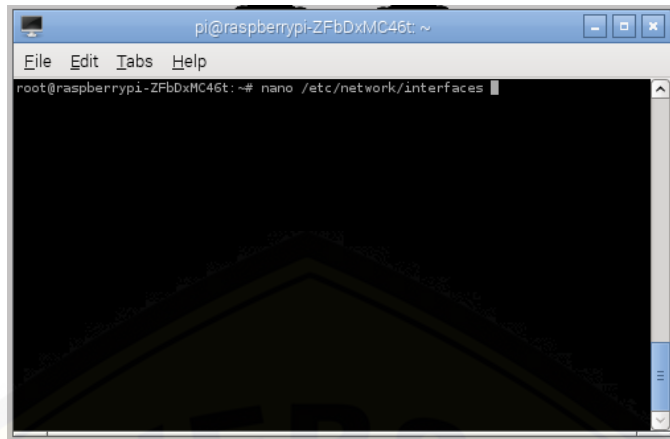
Addressing :

- SH : default
- SL : default
- DH : 13A200 (SH coordinator)
- DL : 40C597A7 (SL coordinator)
- NI : RO2 (sesuai kebutuhan)
- BR : 9600

Pada konfigurasi node 2 SH dan SL pada coordinator dimasukkan pada DH dan DL agar node 2 dapat berkomunikasi dengan coordinator sebagai destination untuk pengiriman data nantinya. Dalam memasukkan identitas ini perlu diperhatikan supaya tidak terjadi kesalahan yang menyebabkan node 2 tidak dapat berkomunikasi dengan coordinator. Apabila proses selesai pilih tombol write untuk menyimpan konfigurasi yang dilakukan.

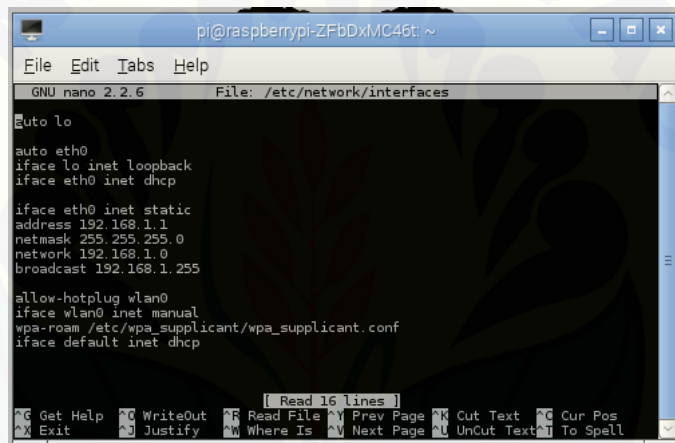
3.5.2 Konfigurasi Jaringan

Perangkat Raspberry langsung terhubung ke jaringan tetapi agar lebih mudah diakses Raspberry juga diatur secara manual agar lebih mempermudah proses *remoteserver*. Pertama raspberry dihubungkan ke jaringan lokal melalui kabel UTP. Agar Raspberry bisa dikonfigurasi lebih mudah gunakan HDMI to D-SUB untuk tampilan *desktop*. *Login* dengan user : “pi” dan password : “raspberry”. Kemudian dilakukan konfigurasi seperti dibawah ini:



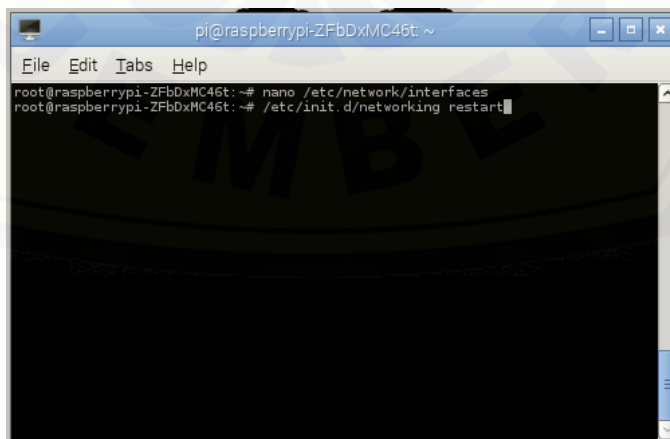
```
pi@raspberrypi-ZFbDxMC46t: ~  
File Edit Tabs Help  
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# nano /etc/network/interfaces
```

Gambar 3.9 Konfigurasi IP Address pada Raspberry



```
pi@raspberrypi-ZFbDxMC46t: ~  
File Edit Tabs Help  
GNU nano 2.2.6 File: /etc/network/interfaces  
auto lo  
auto eth0  
iface lo inet loopback  
iface eth0 inet dhcp  
  
iface eth0 inet static  
address 192.168.1.1  
netmask 255.255.255.0  
network 192.168.1.0  
broadcast 192.168.1.255  
  
allow-hotplug wlan0  
iface wlan0 inet manual  
wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf  
iface default inet dhcp  
  
[ Read 16 lines ]  
Get Help WriteOut Read File Prev Page Cut Text Cur Pos  
Exit Justify Where Is Next Page UnCut Text To Spell
```

Gambar 3.10 IP Address Diatur Secara Manual



```
pi@raspberrypi-ZFbDxMC46t: ~  
File Edit Tabs Help  
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# nano /etc/network/interfaces  
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# /etc/init.d/networking restart
```

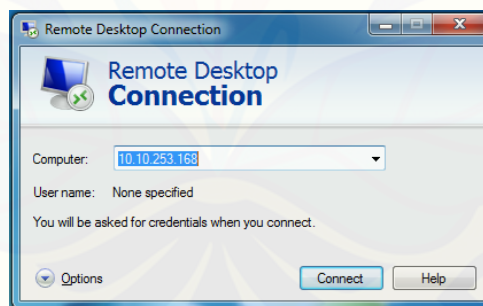
Gambar 3.11 Restart Konfigurasi Jaringan

Perangkat Raspberry secara *default* memiliki pengaturan IP DHCP, sehingga setelah diatur secara manual Raspberry memiliki IP 192.168.1.1. IP Raspberry tersebut digunakan untuk remot dan kontrol Raspberry melalui SSH menggunakan *remote dekstop connection*.

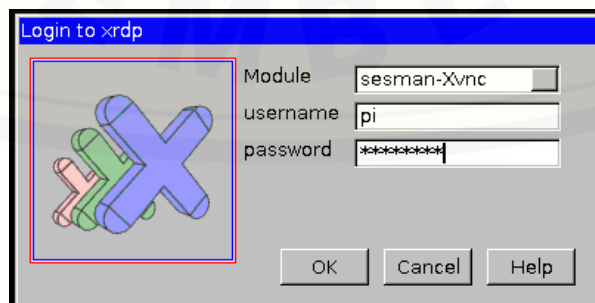
Sebelum dapat di remot raspberry membutuhkan paket-paket tambahan untuk bisa diakses melalui *remote dekstop connection*. Jalankan perintah sebagai berikut :

```
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~$ sudo su #login super user
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# apt-get update #update packet
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# apt-get upgrade #upgrade packet
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# apt-get install tightvncserver
#instalasi vncserver
root@raspberrypi-ZFbDxMC46t:~# apt-get install xrdp #instalasi remote server
```

Selanjutnya *remote* IP milik Raspberry kemudian *login* dengan *username* pi dan *password* raspberry.



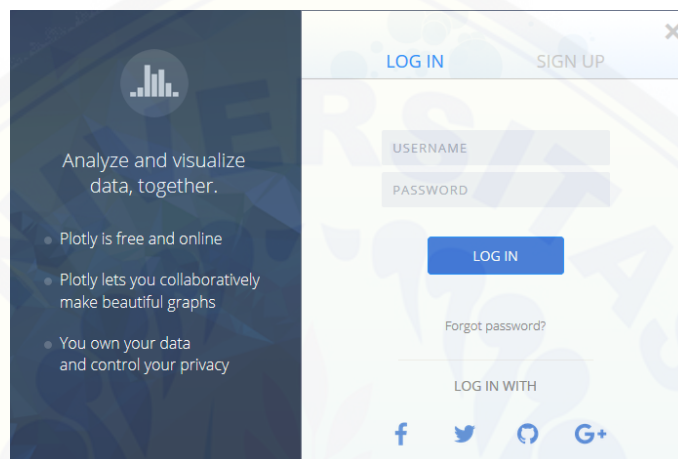
Gambar 3.12 Remote Dekstop Connection



Gambar 3.13 Login Raspberry

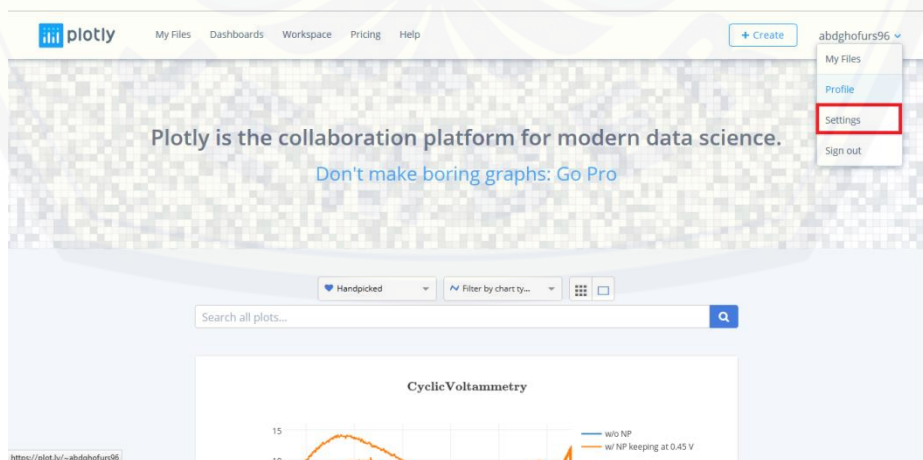
3.5.3 Konfigurasi Web

Pada konfigurasi ini untuk web plotly harus memiliki akun untuk dapat digunakan. Akun yang digunakan terdapat beberapa pilihan untuk *login* bergantung pengguna ingin menggunakan akun. Pada konfigurasi ini digunakan akun google untuk login ke akun plotly. Terlihat seperti gambar 3.14 terdapat beberapa pilihan akun untuk login.



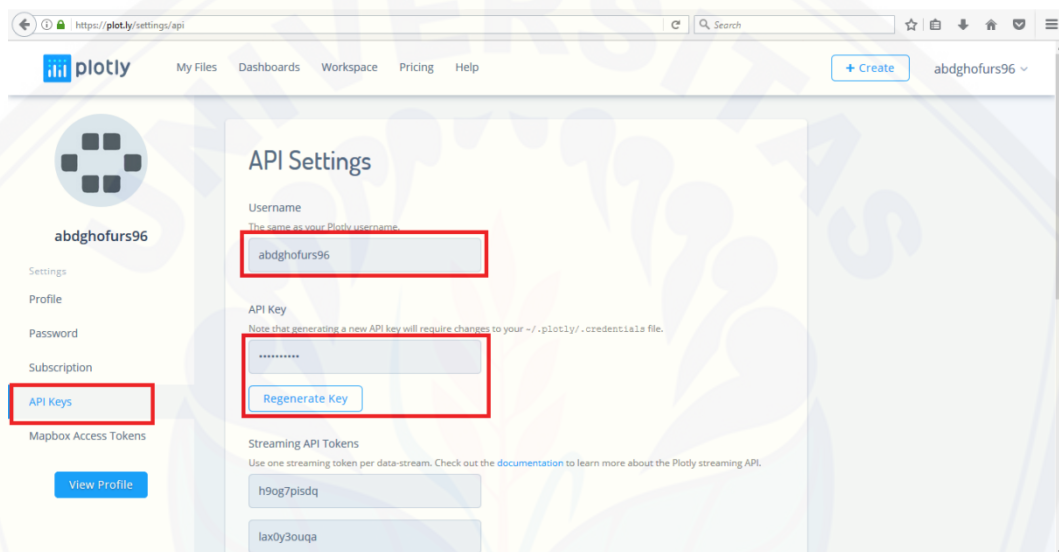
Gambar 3.14 *Login Plotly*
(<https://plot.ly>)

Kemudian setelah berhasil masuk, konfigurasi akun agar dapat digunakan untuk upload data dengan masuk ke menu **Setting** seperti terlihat pada gambar 3.15 dibawah ini:



Gambar 3.15 Konfigurasi Plotly

Selanjutnya pilih **API Keys** → **Regenerate key** duplikat kode yang terdapat menu tersebut. Kode tersebut digunakan untuk mengunggah data ke dalam web plotly dan setiap kode berbeda. Simpan dan masukkan ke dalam program python agar dapat digunakan untuk mengakses web plotly. Terlihat seperti pada gambar 3.16 terdapat username dan key, kedua menu ini digunakan sebagai inisialisasi pada program python untuk dapat mengunggah data ke web plotly. Apabila konfigurasi selesai maka akun dapat digunakan untuk unggah data dari Raspberry Pi ke web plotly.



Gambar 3.16 API Setting pada Plotly

3.6 Implementasi Sistem

Pada proses sebelum pengujian alat, alat akan di implementasikan pada Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan Universitas Jember sebagai percobaan alat apakah dapat berjalan atau tidak. Impelementasi ini sangat berguna untuk mengetahui kondisi alat, sistem kerja alat dan fungsi alat dapat berjalan sesuai prosedur yang telah dibuat. Hal ini akan memberikan informasi penting sebelum alat siap untuk diuji. Proses ini juga menentukan parameter keberhasilan data yang akan diambil dan proses kinerja alat yang dibuat.

Pada bagian ini setiap komponen dari alat akan di cek dan dipantau sehingga diketahui kelemahan dan kelebihan dari alat yang dibuat. Terjadi kesalahan dalam implementasinya akan memberikan informasi penting sehingga

alat dapat diatur ulang agar sesuai dengan kinerja yang diinginkan. Parameter-parameter yang dibutuhkan akan diketahui pada proses ini, sehingga data yang akan diambil lebih akurat dan baik.

3.7 Pengambilan Data Parameter *Wireless Sensor Network* (WSN)

Pada pengambilan data parameter WSN terdapat tiga pengambilan parameter data yaitu RSSI dan daya sinyal. *Received signal strength indication* (RSSI) merupakan indikasi untuk mengetahui kekuatan sinyal dengan variasi jarak. Parameter ini menunjukkan nilai dari kekuatan sinyal saat mentransmisikan data dengan satuan dBm. Energi *electric* pada gelombang radio dan sinyal listrik yang lain terkadang diukur dalam Watt, pada jaringan WLAN 802.11 menggunakan ukuran (mW). Energi yang dapat dideteksi oleh antenna penerima terdiri dari beberapa tingkatan jarak. *Noise* juga merupakan energi listrik. Derau ini diukur pada ujung penerimaan saat berkomunikasi saat mentransmisikan sinyal.

Untuk pengambilan data parameter RSSI dan SNR akan digunakan 2 kondisi yaitu NLOS dan LOS dengan jarak 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m, 80 m, 90 m dan 100. Untuk pengujian diluar ruangan 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 600 m, 700 m, 800 m, 900 m dan 1000 m.

3.7.1 Pengambilan Data Nilai RSSI dari *Coordinator* ke *Router* 1

Parameter ini menunjukkan nilai dari kekuatan sinyal saat mentransmisikan data dengan satuan dBm. Pada pengujian ini nilai RSSI antara *coordinator* ke *router* 1 akan diukur didalam ruangan dan diluar ruangan dengan satuan dBm dengan variasi jarak yang telah ditentukan.

Spesifikasi pengambilan data nilai RSSI antara *coordinator* ke *router* 1 pada kondisi didalam ruangan ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai RSSI NLOS dari *coordinator* ke *router* 1

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)		Error(%)
		Perhitungan	Pengukuran	

1	10
2	20
3	-

Spesifikasi pengambilan data nilai RSSI antara *coordinator* ke *router 1* pada kondisi diluar ruangan ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai RSSI LOS dari *coordinator* ke *router 1*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)		Error(%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1	100			
2	200			
3	-			

3.7.2 Pengambilan Data Nilai RSSI dari *Coordinator* ke *Router 2*

Pengujian ini nilai RSSI antara *coordinator* ke *router 2* akan diukur didalam ruangan dan diluar ruangan dengan satuan dBm dengan variasi jarak yang telah ditentukan.

Spesifikasi pengambilan data nilai RSSI antara *coordinator* ke *router 2* pada kondisi didalam ruangan ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai RSSI Didalam Ruangan dari *coordinator* ke *router 2*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)		Error(%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1	10			
2	20			
3	-			

Spesifikasi pengambilan data nilai RSSI antara *coordinator* ke *router 2* pada kondisi diluar ruangan ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai RSSI Diluar Ruangan dari *coordinator* ke *router 2*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)	Error(%)
----	-----------	------------	----------

	Perhitungan	Pengukuran
1	100	
2	200	
3	-	

3.7.3 Pengambilan Data Nilai Daya dari *coordinator* ke *router 1*

Pengujian ini nilai SNR antara *coordinator* ke *router 1* akan diukur didalam ruangan dan diluar ruangan dengan satuan dBm dengan variasi jarak yang telah ditentukan.

Spesifikasi pengambilan data nilai SNR antara *coordinator* ke *router 1* pada kondisi didalam ruangan ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai Daya NLOS dari *coordinator* ke *router 1*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya (μ W)
1	10		
2	20		
3	-		

Spesifikasi pengambilan data nilai SNR antara *coordinator* ke *router 1* pada kondisi diluar ruangan ditunjukkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai Daya LOS dari *coordinator* ke *router 1*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya (μ W)
1	10		
2	20		
3	-		

3.7.4 Pengambilan Data Nilai Daya dari *coordinator* ke *router 2*

Pengujian ini nilai SNR antara *coordinator* ke *router 2* akan diukur didalam ruangan dan diluar ruangan dengan satuan dBm dengan variasi jarak yang telah ditentukan.

Spesifikasi pengambilan data nilai SNR antara *coordinator* ke *router 2* pada kondisi didalam ruangan ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Nilai Daya NLOS dari *coordinator* ke *router 2*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya (μ W)
1	10		
2	20		
3	-		

Spesifikasi pengambilan data nilai SNR antara *coordinator* ke *router 2* pada kondisi diluar ruangan ditunjukkan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Nilai Daya LOS dari *coordinator* ke *router 2*

No	Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya (μ W)
1	10		
2	20		
3	-		

3.8 Pengambilan Data Sensor Node 1

Pada node 1 terdapat dua sensor yang digunakan yaitu sensor suara untuk mengukur tegangan dan arus. Nilai sensor akan dibandingkan dengan alat ukur untuk mengetahui perbandingan nilai dan presentase kesalahan dari proses pengukuran yang dilakukan.

3.8.1 Pengambilan Data Tegangan

Pengambilan data dari sensor tegangan akan diukur dan dibandingkan dengan nilai sensor dan alat ukur menggunakan multi meter.

Spesifikasi pengambilan data sensor suara pada *node 1* ditunjukkan pada tabel 3.17.

Tabel 3.17 Nilai Sensor Tegangan

No	Tegangan Masukan (V)	Pembacaan Sensor (V)	Pembacaan Alat Ukur (V)	Error (%)
1	5			
2	6			
3	7			

4	8
5	9
6	10

3.8.2 Pengambilan Data Sensor Arus

Data dari sensor arus berupa kecepatan putar dari motor dan dibandingkan tachometer untuk mengetahui perbandingan data dan presentase kesalahan dari proses pengukuran.

Spesifikasi pengambilan data sensor arus pada *node* 1 ditunjukkan pada tabel 3.18.

Tabel 3.18 Nilai Sensor Arus

No	Tegangan Masukan (V)	Pembacaan Sensor (A)	Pembacaan Alat Ukur (A)	Error (%)
1	5			
2	6			
3	7			
4	8			
5	9			
6	10			

3.9 Pengambilan Data Sensor Node 2

Pada *node* terdapat dua sensor yang digunakan yaitu sensor arus dan pada aktuator. Nilai sensor akan dibandingkan dengan alat ukur untuk mengetahui perbandingan nilai dan presentase kesalahan dari proses pengukuran yang dilakukan.

3.9.1 Sensor Arus

Data dari sensor arus yang muncul pada sensor akan dibandingkan dengan alat ukur untuk mengetahui perbandingan data dan presentase kesalahan dari proses pengukuran.

Spesifikasi pengambilan data sensor arus pada *node 2* ditunjukkan pada tabel 3.19.

Tabel 3.19 Nilai Sensor Arus

No	Tegangan Masukan (V)	Pembacaan Sensor (A)	Pembacaan Alat Ukur (A)	Error (%)
1	5			
2	6			
3	7			
4	8			
5	9			
6	10			

3.9.2 Sensor Tegangan

Data dari sensor tegangan yang muncul pada sensor akan dibandingkan dengan alat ukur untuk mengetahui perbandingan data dan presentase kesalahan dari proses pengukuran.

Spesifikasi pengambilan data sensor tegangan pada *node 2* ditunjukkan pada tabel 3.20.

Tabel 3.20 Nilai Sensor Tegangan

No	Tegangan Masukan (V)	Pembacaan Sensor (V)	Pembacaan Alat Ukur (V)	Error (%)
1	5			
2	6			
3	7			
4	8			
5	9			
6	10			

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan alat dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisa, dari hasil tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas sinyal pada jaringan *wireless sensor network* memiliki kualitas yang baik pada kondisi NLOS dan LOS dengan rata-rata nilai *error* yang kecil pada *node 1* NLOS sebesar 0.072% dan LOS 0.02% serta *node 2* NLOS sebesar 0.025% dan LOS 0.02%. Daya sinyal pada jarak maksimal kedua *node* sangat kecil berdasarkan nilai RSSI dengan kondisi LOS dan NLOS yaitu pada *node 1* daya $5.01187 \times 10^{-7} \mu\text{W}$ untuk NLOS dengan jarak 100 meter dan $3 \times 10^{-7} \mu\text{W}$ untuk kondisi LOS dengan jarak 1000 meter serta pada *node 2* bernilai $3.98107 \times 10^{-8} \mu\text{W}$ dengan kondisi NLOS jarak 100 meter serta $3 \times 10^{-7} \mu\text{W}$ untuk kondisi LOS dengan jarak 1000 meter.
2. Pada penelitian ini dengan jarak terjauh kondisi NLOS untuk *node 1* dan *node 2* memiliki kualitas yang baik untuk dapat diketahui pada tabel 4.1 dan 4.3 dengan nilai *error* rata-rata yang sangat kecil yaitu sebesar 0.072% pada *node 1* dan 0.025% pada *node 2*. Begitu pula pada kondisi LOS untuk *node 1* dan *node 2* pada jarak maksimal 800 meter masih dapat mengirimkan data dengan nilai *error* rata-rata yang kecil terlihat pada tabel 4.2 dan 4.4 sebesar 0.02% pada *node 1* dan 0.02% pada *node 2*. Namun pada kondisi LOS jarak 900 meter dan 100 meter penerima sudah tidak bisa menerima data yang dikirimkan karena pengaruh dari lingkungan saat penelitian.

5.2 Saran

Sebagai pembanding dalam pengujian RSSI diharapkan ditambahkan beberapa kondisi lingkungan, waktu dan cuaca untuk mengetahui kualitas sinyal pada jaringan WSN.

DAFTAR PUSTAKA

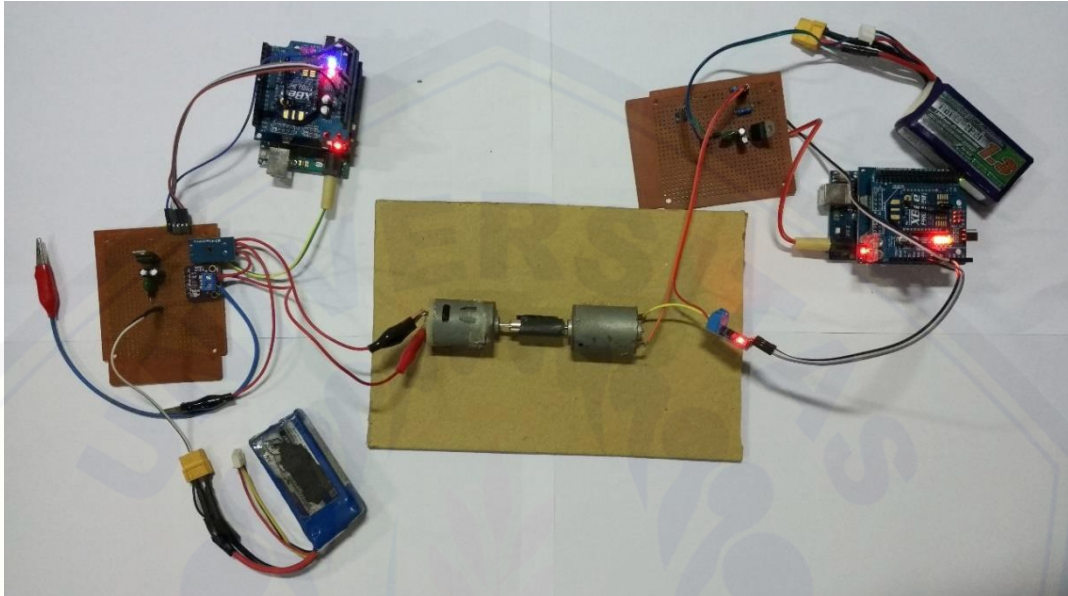
- Adriansyah, Andi. 2014. Rancang Bangun Dan Analisa CCTV *Online* Berbasis Raspberry Pi. Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercubuana.
- Andika, Ahmad Deny. 2013. Perancangan Sistem Pengukur Jarak Antara 2 Titik Wireless Xbee Pro Berdasarkan Nilai RSSI. Departemen Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan
- Arduino Uno. 2017. Arduino/Genuino UNO. <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno> [Diakses pada 8 Februari 2017]
- Datasheet, Xbee/Xbee-PRO™ OEM RF Module – 802.15.4 – v1.x.Ax [2007.05.031], © 2007 MaxStream, Inc.
- Datasheet Manual Book, Xbee®/Xbee-PRO® ZB RF Modules, © 2012 Digi International, Inc.
- Ferdoush, Sheikh Mohammad. 2014. "A Low-Cost Wireless Sensor Network System Using Raspberry Pi And Arduino For Environmental Monitoring Applications". University Of North Texas
- Ferdoush, Sheikh. Li, Xinrong. 2014. "Wireless Sensor Network System Design using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications". Department of Electrical Engineering, University of North Texas, Denton, Texas, 76203, USA
- Fuad, M. 2015. "Rancang Bangun *Wireless Sensor Network* Berbasis Protokol Zigbee dan GSM ntuk Sistem Pemantauan Polusi Udara". Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

- Hariyawan, M. Y. 2014. "Implementasi Wireless Sensor Network untuk Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan". Politeknik Caltex Riau
- Lu, Fei. Tian, Guo-Hui. 2012. "The ZigBee Based Wireless Sensor and Actor Network in Intelligent Space Oriented to Home Service Robot". School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan, China
- Mulyanta, Edi S. (2005). Pengenalan Protokol Jaringan Wireless Komputer. Yogyakarta: Andi
- Plotly. 2017. Plotly Python Library. <https://plot.ly/python/> [Diakses pada 5 Mei 2017]
- Raveon. 2014. RSSI and Communication Range. <http://www.raveon.com> [Diakses pada 5 Februari 2017]
- Zigbee. 2002. zigbee PRO with Green Power. <http://www.zigbee.org> [Diakses pada 29 September 2016]

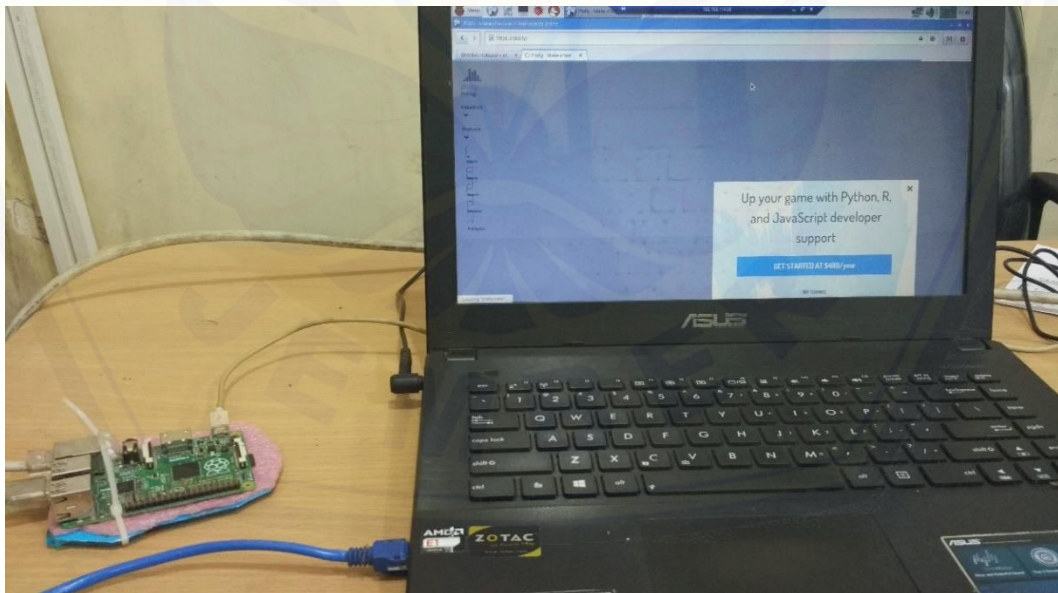
LAMPIRAN

A. Dokumentasi Alat

Komponen Alat

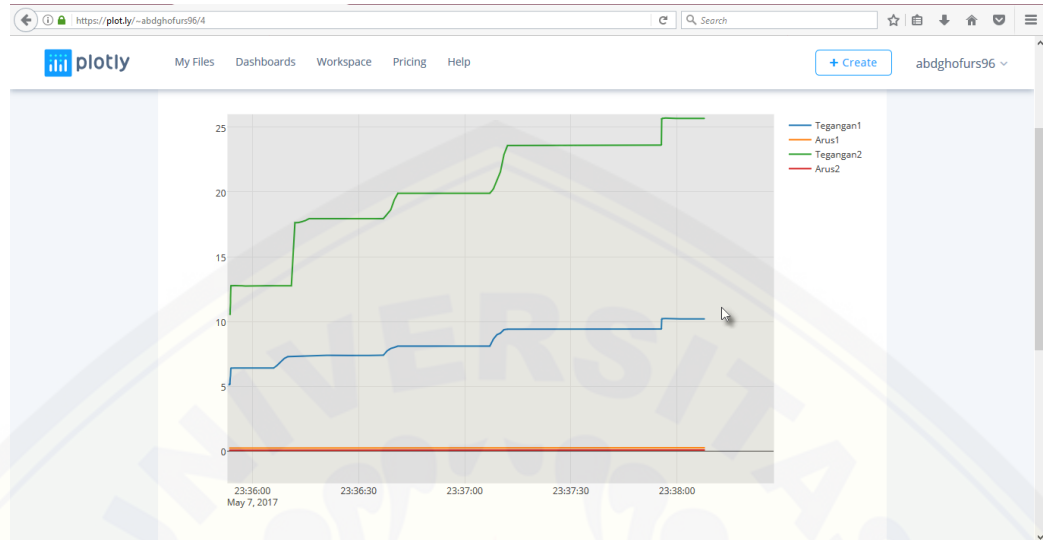


Komponen Coordinator



B. Tampilan web

Grafik pada web Plotly



Database sensor Plotly

	Tegangan1, x; Arus1, x; Tegangan2, x; Arus2, x	Tegangan1, y	Arus1, y	Tegangan2, y	Arus2, y
1	2017-05-07 23:35:53.4	5.11	0.228	10.56	0.06
2	2017-05-07 23:35:53.4	5.1	0.228	10.56	0.06
3	2017-05-07 23:35:53.4	5.1	0.228	10.56	0.06
4	2017-05-07 23:35:53.4	5.1	0.228	10.56	0.06
5	2017-05-07 23:35:53.4	5.1	0.228	10.56	0.06
6	2017-05-07 23:35:53.5	5.12	0.228	10.56	0.06
7	2017-05-07 23:35:53.5	5.1	0.228	10.56	0.06
8	2017-05-07 23:35:53.5	5.13	0.228	10.56	0.06
9	2017-05-07 23:35:53.5	5.21	0.228	10.56	0.06
10	2017-05-07 23:35:53.6	5.17	0.228	10.56	0.06
11	2017-05-07 23:35:53.6	5.11	0.228	10.56	0.06
12	2017-05-07 23:35:53.6	5.1	0.228	10.56	0.06
13	2017-05-07 23:35:53.6	5.1	0.228	10.56	0.06
14	2017-05-07 23:35:53.6	5.1	0.228	10.56	0.06
15	2017-05-07 23:35:53.6	5.1	0.228	10.56	0.06
16	2017-05-07 23:35:53.6	5.12	0.228	10.56	0.06
17	2017-05-07 23:35:53.6	5.1	0.228	10.56	0.06
18	2017-05-07 23:35:53.6	5.13	0.228	10.56	0.06
19	2017-05-07 23:35:53.7	5.21	0.228	10.56	0.06
20	2017-05-07 23:35:53.7	5.17	0.228	10.56	0.06

C. Listing Program

Program python monitoring.py

```
import os
import serial
import time
import pandas as pd
import numpy as np
import plotly.plotly as py
import plotly.graph_objs as go

from time import sleep
from datetime import datetime

# Enable USB Communication
ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB1',
                    9600, timeout=1)

# Create data logger
file = open("/home/pi/output.csv", "a")
if os.stat("/home/pi/output.csv").st_size == 0:
    file.write("Time, Tegangan1, Arus1, Tegangan2, Arus2\n")

while True:
    incoming = ser.readline().strip()
    print '' + incoming
    now = datetime.now()
    file.write(str(now) + ", " + str(incoming) + "\n")
    file.flush()
    time.sleep(0)
file.close()
```

Program python graph.py

```
import pandas as pd
import numpy as np
import plotly.plotly as py
import plotly.graph_objs as go

username = 'abdghofurs96'
api_key = 'k5BzvaDrwe5EaYvlo2Sw'
py.sign_in(username, api_key)

# import data from csv
df = pd.read_csv('output.csv')
df.head()
```

```

#read data
trace1 = go.Scatter(x=df['Time'], y=df['Tegangan1'],
mode='lines', name='Tegangan1')
trace2 = go.Scatter(x=df['Time'], y=df['Arus1'],
mode='lines', name='Arus1')
trace3 = go.Scatter(x=df['Time'], y=df['Tegangan2'],
mode='lines', name='Tegangan2')
trace4 = go.Scatter(x=df['Time'], y=df['Arus2'],
mode='lines', name='Arus2')

layout = go.Layout(title='Monitoring
Sensor',plot_bgcolor='rgb(230, 230, 230)')
fig = go.Figure(data=[trace1, trace2, trace3, trace4],
layout=layout)

#plot data
py.plot(fig, filename='mot-sensor')

```

D. Data monitoring aktuator

Time	Tegangan1	Arus1	Tegangan2	Arus2
5/7/2017 23:35	5.11	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.12	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.13	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.21	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.17	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.11	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.12	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.13	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.21	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.17	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.11	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06

5/7/2017 23:35	5.1	0.228	10.56	0.06
5/7/2017 23:35	5.6	0.229	10.86	0.06
5/7/2017 23:35	5.82	0.23	11.1	0.06
5/7/2017 23:35	6.1	0.23	11.44	0.06
5/7/2017 23:35	6.37	0.23	11.79	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.43	0.07
5/7/2017 23:35	6.42	0.232	12.68	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.73	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.77	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.78	0.07
5/7/2017 23:35	6.4	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.74	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.75	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.44	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.4	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.77	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.78	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.74	0.07
5/7/2017 23:35	6.41	0.232	12.75	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.41	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.62	0.232	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	6.9	0.233	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	7.15	0.235	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	7.29	0.237	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	7.3	0.24	12.76	0.07
5/7/2017 23:36	7.31	0.244	17.63	0.07
5/7/2017 23:36	7.31	0.244	17.64	0.07
5/7/2017 23:36	7.34	0.244	17.71	0.07
5/7/2017 23:36	7.37	0.244	17.8	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07

5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.39	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.39	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.39	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.4	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.4	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.38	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.4	0.244	17.94	0.07
5/7/2017 23:36	7.74	0.244	18.3	0.07
5/7/2017 23:36	7.92	0.246	18.63	0.07
5/7/2017 23:36	8	0.246	19.4	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.11	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.11	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.12	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.11	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.11	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.11	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07

5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:36	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.11	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.12	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.1	0.247	19.9	0.07
5/7/2017 23:37	8.64	0.247	20.23	0.07
5/7/2017 23:37	8.98	0.247	20.92	0.07
5/7/2017 23:37	9.1	0.248	21.56	0.07
5/7/2017 23:37	9.37	0.248	22.89	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.42	0.25	23.61	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.61	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.6	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.61	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.61	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.6	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.42	0.25	23.62	0.07
5/7/2017 23:37	9.41	0.25	23.6	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.42	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.4	0.25	23.59	0.07
5/7/2017 23:37	9.48	0.25	23.65	0.07

5/7/2017 23:37	9.56	0.25	23.67	0.07
5/7/2017 23:37	9.8	0.25	24.21	0.07
5/7/2017 23:37	9.83	0.25	24.97	0.07
5/7/2017 23:37	10.16	0.25	25.54	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.23	0.252	25.71	0.08
5/7/2017 23:37	10.22	0.252	25.71	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.7	0.08
5/7/2017 23:37	10.21	0.252	25.7	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.69	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.21	0.252	25.7	0.08
5/7/2017 23:37	10.21	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.21	0.252	25.7	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.69	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.22	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:37	10.23	0.252	25.71	0.08
5/7/2017 23:37	10.21	0.252	25.69	0.08
5/7/2017 23:37	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.21	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.22	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.22	0.252	25.71	0.08
5/7/2017 23:38	10.21	0.252	25.69	0.08
5/7/2017 23:38	10.2	0.252	25.68	0.08
5/7/2017 23:38	10.2	0.252	25.68	0.08