RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN JARINGAN SINYAL NIRKABEL (JSN) BERBASIS WEB

Skripsi

Oleh

ANDI AULIA RAHMAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2019

ABSTRACT

DESIGN OF AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) BASED ON WEB

By

Andi Aulia Rahman

The problem that is discussed in this research is how to design and create a system which can monitor and display the levels of CO, CO_2, temperature, and humidity of environmental by real-time using wireless sensor network and will be displayed on the web. This research aims to design and create a gas level monitoring system for environment based on the real-time wireless sensor network, its system can monitor the gases of CO, CO_2, temperature, and humidity.

Research methods carried out of this research were set to literature study, system design, system testing, then analyzing data and writing a report at the end. This research uses Arduino Uno as the DHT11 microcontroller as a temperature and humidity sensor, MQ-7 as a CO sensor and MG-811 as a CO_2 sensor.

Sensor data are processed using the microcontroller of Arduino Uno before sending it to the nodal coordinator. The sensor is calibrated using a comparison of measuring device of IAQ Combo Meter type 77597. The calibration result of DHT11 sensor has an error of 0.1^{o}C and 0.38%RH, MQ-7 has an error of 0.93PPM and MG-811 has an error of 19PPM. Sensor nodal data sent by Xbee Pro S2B to the nodal coordinator and saved on Raspberry Pi 3 database and Thingsboard as a cloud server, so that sensor data can be observed on the real-time web. Thus, it had actualized as a monitoring device of air quality which can be accessed by real-time and system can display the condition of temperature and air humidity and also levels of CO and CO_2 gases for environment.

Keywords: *Arduino Uno, DHT11, WSN, MG-811, MQ-7, Thingsboard, Xbee.*

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KULITAS UDARA MENGGUNAKAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL (JSN) BERBASIS WEB

Oleh

Andi Aulia Rahman

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini bagaimana merancang dan membuat sistem yang dapat memantau dan menampilkan kadar CO, CO_2, suhu serta kelembaban udara pada lingkungan secara *realtime* dengan jaringan sensor nirkabel dan ditampilkan pada web. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem pemantauan kadar gas pada lingkungan berbasis jaringan sensor nirkabel secara *realtime*, sistem yang dibuat tersebut dapat memantau gas CO, CO_2, suhu serta kelembaban.

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yakni mulai dari studi literatur, perancangan sistem, pengujian sistem kemudian menganalisa data dan diakhiri dengan penulisan laporan. Pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler DHT 11 sebagai sensor suhu dan kelembaban, MQ-7 sebagai sensor CO dan MG-811 sebagai sensor CO2.

Data sensor diolah dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebelum dikirim ke nodal kordinator. Sensor dikalibrasi menggunakan alat ukur pembanding IAQ Combo Meter Tipe 77597. Hasil kalibrasi dari sensor DHT 11 memiliki error 0,1^{o}C dan 0,38% RH, MQ-7 memiliki error 0,93PPM dan MG-811 memiliki error 19PPM. Data nodal sensor dikirim melalui Xbee Pro S2B menuju nodal kordinator dan disimpan pada database Raspberry Pi 3 dan Thingsboard sebagai *server Cloud* sehingga data sensor dapat diamati pada web secara *realtime.* Dengan demikian telah terealisasi sebuah alat monitoring kualitas udara yang dapat di akses secara *realtime* dan sistem dapan menampilkan kondisi suhu dan kelembaban udara serta kadar gas CO dan CO2 pada lingkungan

Kata Kunci: *Arduino Uno, DHT 11, JSN, MG-811, MQ-7, Thingsboard, Xbee*

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN JARINGAN SINYAL NIRKABEL (JSN) BERBASIS WEB

Oleh

Andi Aulia Rahman

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2019

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN JARINGAN SINYAL NIRKABEL (JSN) BERBASIS WEB**

Nama Mahasiswa : *Andi Aulia Rahman*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031011

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Herlinawati, S.T., M.T.	**Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.**
NIP 19710514 199903 2 001	NIP 19731004 199803 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D Eng.
NIP 19700719 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Herlinawati, S.T., M.T.** .....

Sekretaris : **Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 Desember 2019**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukuman yang berlaku.

Bandar lampung 18 Desember 2019

Andi Aulia Rahman
NPM.1315031011

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis adalah anak kedua dari tiga bersaudara yang dilahirkan di Gisting pada tanggal 17 bulan Juni tahun 1995, dari pasangan bapak M. Zawawi,S.H. dan Ibu Mardiah,S.Pd.SD

Penulis pertama kali mengenyam pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Sukamernah lulus pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Gisting lulus pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas di MAN 1 (Model) Bandar lampung lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjukan ke perguruan tinggi di Universitas Lampung pada tahun 2013.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada saat memasuki semester kelima, penulis memilih untuk memfokuskan diri pada konsentrasi Sistem Isyarat Elektronik (SIE) Khususnya Elektronika.

Selama kuliah penulis turut aktif dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro, yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Eleketro (HIMATRO) dan lembaga kemahasiswaan tingkat fakultas yakni Forum Silaturrahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI-FT)

Dalam masa kuliah, penulis pernah melaksanakan kerja praktik (KP) di PT. Kresna Adikarsa divisi Teknisi selama satu bulan. Dalam kerja praktik ini penulis ditugaskan untuk membantu penggantian radar X Band pada salah satu kapal *tanker* milik PT. Pertamina. Setelah penulis menyelesaikan kerja praktik, penulis membuat sebuah laporan yang berjudul "*RADIO DETECTION AND RANGING (RADAR)* SEBAGAI 'MATA' PENGAWAS KAPAL GUNA MENINGKATKAN KESELAMATAN PELAYARAN".

PERSEMBAHAN

Dengan Ridho Allah SWT, teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW

Karya tulis ini kupersembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku tercinta
M. zawawi & Mardiah

Kakak serta Adikku tersayang
M. Indra Kurniawan & Diah Apliza Wanti

Teman – teman kebangganku
Rekan – rekan Jurusan Teknik Elektro

Almamaterku
Universitas Lampung

Bangsa Dan Negaraku
Republik Indonesia

Terimakasih Untuk semua yang telah diberikan kepadaku,

MOTTO

Berani bermimpi, berani bertanggung jawab
mewujudkan mimpi

"Jika kamu ingin hidup bahagia,
terikatlah pada tujuan,
bukan orang atau benda." – Albert Einstein

"Terlalu memperdulikan apa yang orang pikirkan
dan kau akan selalu
menjadi tahanan mereka." – Lao Tzu

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahuwataala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat terselesaikannya Skripsi ini. Shalawat serta salam disanjungkan kepada Nabi Muhammad Salallahualaihiwasallam yang di nantikan syafaatnya di hari akhir kelak

Skripsi yang berjudul RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL (JSN) BERBASIS WEB digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam masa perkuliahan dan penelitian, penulis mendapat banyak hal baik berupa dukungan, semangat, motivasi dan banyak hal lainnya. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si. selaku rektor Univeritas Lampung
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Khairuddin Ph.D.Eng selaku kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
4. Ibu Dr. Ing. Melvi, M.T selaku pembimbing Akademik, terimakasih karena telah bersedia membimbing penulis sejak memasuki bangu perkuliahan sampai dengan selesai.
5. Ibu Herlinawati , S.T., M.T. selaku pembimbing utama dalam penelitian ini
6. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T.,M.T. selaku pembimbing pendamping dalam penelitian ini.
7. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku penguji dalam penelitian ini
8. Seluruh Dosen Teknik Elektro, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

9. Seluruh Staf dan karyawan yang telah turut membantu selama perkuliahan maupun selama penulis mekakukan penelitian, terimakasih.
10. Orang Tua, Ayah dan Ibu terimakasih karena doa dan perjuangan kalianlah akhirnya penulis mampu menyelesaikan pendidikan dan juga penelitian ini.
11. Kakak dan adik, terimakasih karena telah memberikan dukungan dan juga semangat
12. Rekan – rekan Teknik Elektro angkatan 2013, terimakasih karena telah memberikan warna dan banyak kesan yang penulis dapat selama ini.
13. Para sahabat yang juga tak lupa memberikan semangat dan motivasinya kepada penulis, terimakasih
14. Serta seluruh yang terlibat dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terimakasih.

Semoga apa yang telah di berikan selama ini mendapatkan balasan dan dicatat sebagai amal baik oleh Allah Subhanahuwataala.

Bandar lampung 18 Desember 2019
Penulis,

Andi Aulia Rahman

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN MUKA i
ABSTRACT ii
ABSTRAK iii
COVER iv
LEMBAR PERSETUJUAN v
LEMBAR PENGESAHAN vi
SURAT PERNYATAAN vii
RIWAYAT HIDUP viii
PERSEMBAHAN ix
MOTTO x
SANWACANA xi
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xvi

I. PENDAHULUAN 1

1.1.Latar Belakang 1

1.2.Rumusan Masalah 3

1.3.Tujuan Penelitian 3

1.4.Manfaat Penelitian 4

1.5.Batasan Masalah 4

1.6.Hipotesis 4

1.7.Sistematika Penulisan 4

II. TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1.Pencemaran Lingkungan 6

2.2.Sistem *Monitoring* 10

2.3.Arduino 10

2.4.Sensor.....13

2.4.1 DHT 11 13

2.4.2 MQ-7.....14

2.4.3 MG-811 16

2.5 Xbee 17

2.5.1 XBee PRO S2B.....17

2.6 Raspberry Pi.....19

2.7 NodeMCU.....21

2.8 Thingsboard 22

III. METODE PENELITIAN.....24

3.1.Alat dan Bahan.....24

3.2 Spesifikasi Alat 25

3.3.Spesifikasi Sistem 26

3.4.Metode Penelitian 27

3.4.1.Studi Literatur 28

3.4.2 Perancangan Sistem JSN 28

3.4.2.1 Perancangan Pembuatan Sistem 29

3.4.2.2 Blok Diagram Sistem Pemantauan 30

3.4.2.3. Perncangan Model Sistem JSN.....31

3.4.2.4 Perancangan Kerja Sistem 34

3.4.2.5 Perancangan Sistem Keseluruhan 35

3.4.3 Pengujian Perangkat Sistem.....37

3.4.3.1 Pengujian Sensor DHT11 38

3.4.3.2 Pengujian Sensor MQ-7.....39

3.4.3.3 Pengujian Sensor MG-811.....40

3.4.4 Analisis dan Kesimpulan 41

3.4.5 Pembuatan Laporan 41

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 42

4. 1 Prinsip Kerja Sistem 42

4.2 Hasil Pengujian Sensor.....46

4.2.1 Hasil Pengujian Sensor DHT 11.....47

4.2.2 Hasil Pengujian Sensor MQ-7 50

4.2.3.Hasil Pengujian Sensor MG-811 51

4.3. Pengujian Akuisisi Data 53

4.3.1 Pengujian Nodal Sensor.....54

4.3.2. Pengujian Nodal Kordinator.....55

4.4Pengujian Kualitas Udara 58

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....63

5.1. Kesimpulan 63

5.2. Saran 63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Skala Bahaya Gas CO_2 9

Gambar 2.2. Arduino Uno 12

Gambar 2.3 Sensor DHT 11 13

Gambar 2.4. Sensor MQ-7 15

Gambar 2.5 Sensor MG-811 16

Gambar 2.6 Xbee Pro S2B 18

Gambar 2.7 Raspberry Pi 3 Model B 20

Gambar 2.8 NodeMCU 21

Gambar 2. Contoh dasbor Pada Thingsboard 23

Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian 27

Gambar 3.2. Diagram Alir Prosedur Kerja 29

Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Pemantauan 30

Gambar 3.4 Konfigurasi PC *Setting* Pada X-CTU 32

Gambar 3.5 Konfigurasi Xbee Pro S2B dengan X-CTU 33

Gambar 3.6 Diagram Alir Kerja Sistem 35

Gambar 3.7a Skematik Diagram Nodal Sensor 36

Gambar 3.7b Skematik Diagram Nodal Kordinator 36

Gambar 3.8 Proses Pengujian Sensor DHT 11 38

Gambar 3.9 Proses pengujian Sensor MQ-7 40

Gambar 3.10 Pengujian Sensor MG-811 41

Gambar 4.1. Perangkat Nodal Sensor 43

Gambar 4.2. Perangkat Nodal Kordinator 44

Gambar 4.3. Gambar Tampilan Web 46

Gambar 4.4. Metode Pengujian DHT11 47

Gambar 4.5. Metode Pengujian Sensor MQ-7.....48

Gambar 4.6. Metode Pengujian Sensor MG-811.....49

Gambar 4.7. Akuisisi Data Sensor.....50

Gambar 4.8. Akusisi Nodal Kordinator 51

Gambar 4.9. Hasil Akuisisi Data Sever 52

Gambar 4.10.Tampilan Hasil Akhir Sistem.....53

Gambar 4.11. Kondisi Gas Karbon Dioksida 54

Gambar 4.12. Kondisi Gas Karbon Monoksida.....55

Gambar 4.13. Hasil Akuisisi Data Server.....57

Gambar 4.14.Tampilan Hasil Akhir Sistem.....57

Gambar 4.15. Hasil Pengukuran Kadar Gas CO_2 59

Gambar 4.16. Kadar Gas Karbon Monoksida.....60

Gambar 4.17.Kondisi Suhu Udara 61

Gambar 4.18. Kondisi Kelembaban Udara 62

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) 7

Tabel 2.2 Konsentrasi Polutan 8

Tabel 2.3 Spesifikasi Raspberry Pi 20

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pembangunan dan perkembangan industri saat ini semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan jumlah kendaraan dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak. Penggunaan bahan bakar minyak pada kendaraan dan industri menyebabkan memburuknya kualitas udara yang kita hirup setiap harinya. Kerusakan kualitas udara ini disebabkan oleh berbagai sumber, baik sumber biologis maupun non biologis. Buruknya kualitas udara merupakan akibat dari gas – gas buang hasil pembakaran pada kendaraan, asap pabrik industri dan limbah rumah tangga.

Udara yang tercemar sangat berdampak pada kehidupan manusia dan makhluk hidup di bumi. Dampak pencemaran bisa menyebabkan penyakit paru-paru serta penyakit saluran napas pada manusia. Maka, udara memiliki peranan yang sangat penting dalam kelangsungan hidup makhluk hidup, oleh sebab itu kita perlu menjaga kualitas dari udara yang ada disekitar kita karena udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.[1].

Pencemaran udara di Indonesia khususnya di kota – kota besar setiap harinya semakin meningkat. Peningkatan pencemaran terjadi kaerna banyaknya kendaraan bermotor yang digunakan sebagai moda transportasi dan mata pencaharian warga di kota besar Indonesia. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara. Sebagian besar kendaraan bermotor itu menghasilkan emisi gas buang yang buruk. Akibatnya banyak udara yang tercemar oleh sisa pembakaran kendaraan bermotor, asap – asap dari pabrik industri serta penggunaan pupuk kimia yang berlebihan yang menghasilkan gas berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu diperlukan alat yang dapat memantau kadar polusi udara pada suatu daerah sehingga kita bisa mengantisipasi agar polusi tidak semakin meningkat. Dengan adanya alat pemantau dapat diketahui suatu area termasuk dalam kondisi udara tingkat sehat dan tidak sehat.

Penelitian sejenis mengenai pemantauan kualitas udara sudah ada sebelumnya yang dilakukan oleh Victor Farhan Wijaya (2016) yang merancang sistem pemantauan gas pada lingkungan berbasis arduino[2]. Selanjutnya oleh Ronando Abadi (2018) yang merancang sistem telemetri gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida(CO_2) berbasis web di Universitas Lampung[3]. Dan Aarti Rao dkk. (2017) *Evironmental Monitoring Using Wireless Sensor Network (WSN) Based n IoT* [4]. Penelitian-penelitian tersebut dipandang perlu untuk dijadikan acuan bagi peneliti. Berdasarkan alasan-alasan yang telah peneliti kemukakan diatas, maka penulis ingin mengembangkan penelitian sebelumnya dengan merancang sistem yang dapat memantau gas karbon monoksida, karbon dioksida, suhu serta kelembaban pada lingkungan secara nirkabel. Berdasarkan latar belakang inilah penulis membuat sistem pemantauan gas pada lingkungan

berbasis jaringan sensor nirkabel . Harapannya alat ini dapat menampilkan kadar gas CO, CO_2, suhu serta kelembaban pada suatu daerah, khususnya area Universitas Lampung. Dengan mengetahui kadar polusi yang ada diharapkan akan menimbulkan kesadaran pada diri masyarakat umum untuk lebih bijak dalam menjaga lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis paparkan diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

“Bagaimana merancang dan membuat sistem yang dapat memantau dan menampilkan kadar CO, CO_2, suhu serta kelembaban udara pada lingkungan secara realtime dengan jaringan sensor nirkabel dan ditampilkan pada web?”

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat sistem pemantauan kadar gas pada lingkungan berbasis mikrokontroler Arduino secara *realtime.*
2. Sistem yang dibuat dapat memantau gas CO, CO_2, suhu serta kelembaban

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi CO,CO_2, suhu serta kelembaban udara pada lingkungan yang dapat diakses secara *realtime* melalui *website*

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hanya memantau kadar gas CO, CO_2, suhu serta kelembaban
2. Web hanya digunakan untuk menampilkan data yang diperoleh dari sensor melalui Xbee sebagai telemetrinya.
3. Tidak membahas secara rinci mengenai komunikasi yang berlangsung pada sistem

1.6 Hipotesis

Sistem yang dirancang diduga dapat melakukan pengukuran dan dapat memantau gas yang terdapat pada lingkungan secara *realtime* dan dapat ditampilkan pada web.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi tugas akhir ini, maka tulisan ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Memuat latar belakng, tujuan, manfaat penelitian, batasan maslah, rumusan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang toeri dasar yang menunjang dalam penelitian seperti pencemaran lingkungan, pencemaran udara, sistem monitoring, Arduino beserta perangkat lunak, sensor – sensor yang digunakan Xbee dan Raspberry.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan langkah – langkah yang akan dilakukan dalam penelitian, diantaranya waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan serta prosedur penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil dari pengujian dan pengambilan data serta analisis hasil pengujian tersebut

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat simpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian alat, dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Lingkungan

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Namun pencemaran lingkungan disuatu kota atau kawasan merupakan salah satu masalah yang kerap muncul. Menurut Undang – Undang Pokok Pengolahan Lingkungan Hidup Nomor 32 tahun 2009, polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain kedalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ketingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya[1].

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, bergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara, dan lingkngan sekitarnya. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk makhluk hidup bernafas, karbon dioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet dan masih banyak lagi. Gas – gas lain yang

terdapat pada udara antara lain gas – gas mulia, nitrogen oksida, methana, belerang dioksida, amonia, hidrokarbon, dan gas rumah kaca yang saat ini menjadi perhatian besar dunia. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal dan kemudian mengganggu kehidupan manusia, hewan serta tumbuhan itu berarti udara telah tercemar. Pembangunan yang berkembang pesat, khususnya dalam bidang industri dan teknologi, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil, menyebabkan semakin tercemarnya udara yang kita hirup sehari – hari yang berasal dari pembuangan hasil pembakaran[5].

Tabel 2.1 Indeks Standar pencemaran Udara (ISPU)[6].

Kategori	Rentang	Karbon Monoksida	Nitrogen	Ozon O3	Sulfur Dioksida	Partikulat
Baik	0-50	Tidak ada efek	Sedikit berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan SO2(selama 4 jam)	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O3(selama 4 jam)	Tidak ada efek
Sedang	51-100	Perubahan kimia darah, tapi tidak terdeteki	Berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak Sehat	101-199	Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung	Bau dan kehilangan warna, peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma	Penurunan kemampuan pada atlit yang berlatih keras	Bau, meningkatnya kerusakan tanaman	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu dimana – mana
Sangat Tidak Sehat	200-299	Meningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata	Meningkatnya sensitivitas pada pasien yang berpenyakitasma dan bronchitis	Olah raga ringan mengakibatkan pengaruh pernafasan pada pasien berpenyakit paru – paru kronis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronchitis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronchitis
Berbahaya	300>	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terkena				

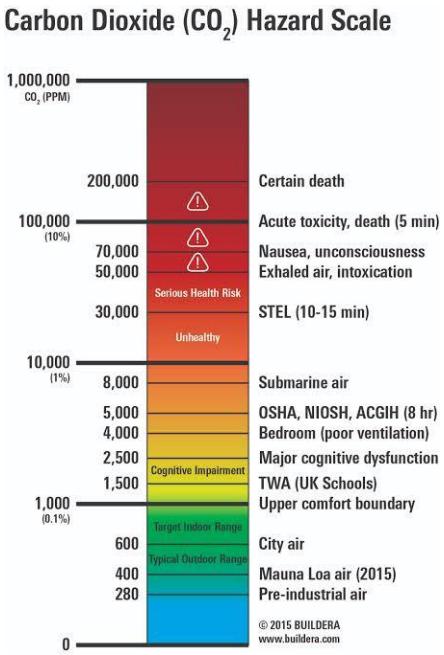
Tabel 2.1 merupakan indeks standar pencemaran udara pada lingkungan, udara menurut keputusan Bapedal tahun 1997. Udara dikatakan berkategori baik jika memiliki nilai indeks dibawah 50.

Secara umum penyebab dari pencemaran udara ada dua macam, pertama karena faktor internal (alami), seperti debu yang berterbangan karena hempasan angin, abu yang dikeluarkan oleh letusan gunung vulkanik berikut gas – gas vulkanik dan proses pembusukan sampah organik dan lainnya. Yang kedua karena faktor eksternal (ulah manusia) seperti hasil dari pembakaran bahan bakar fosil, debu industri, pemakaian zat kimia yang disemprotkan ke udara. Pemcemaran udara pada tingkatan tertentu bisa merupakan dari campuran beberapa bahan pencemaran, baik berupa benda padat cairan atau bahkan gas yang masuk dan terdispersi ke udara yang kemudian menyebar ke lingkungan sekitar. Kecepatan penyebaran ini dipengaruhi oleh keadaan geografi dan meteorologi setempat.

Tabel 2.2 Konsenstrasi Polutan

Indeks pencemaran udara	Baik	Sedang	Tidak sehat	Sangat Tidak Sehat	Berbahaya
Nilai ISPU	0-50	50-100	101 - 150	151 – 200	201 - 300
Nilai konsentrasi polutan					
PM 10 24j ug/m3	54	154	254	354	424
PM 2.5 24j Ug/m3	12	35.4	55.4	150.4	250.4
CO 8j ppm	4.4	9.4	12.4	15.4	30.4
SO2 1j PPB	35	75	185	304	604
O3 8j ppm	0.059	0.075	0.095	0.115	0.374
NO2 1j PPB	53	100	360	644	1244

Tabel 2.2 di atas merupakan konsentrasi polutan berdasarkan kategorinya. Udara yang bersih sesuai harapan terutama pada kota - kota besar yang padat industri dan lalu lintas akan sulit untuk diwujudkan sebelum adanya konversi bahan bakar fosil menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan. Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan dan menggangu kesehatan manusia, karena manusia menghirup udara untuk bisa bernapas[7].



Gambar 2.1 Skala Bahaya Gas CO_2

Gambar 2.1 merupakan skala dari tingkatan konsentrasi gas karbon dioksida. Dapat diketahui bahwa kadar udara dikatakan berkategori baik jika memiliki nilai 1000 *parts per million* (ppm)[8].

2.2. Sistem *Monitoring*

Sistem adalam suatu perangkat unsur yang saling terkait sehingga membentuk suatu totalitas. Sedangkan *monitor* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memantau, maka sistem *monitoring* merupakan suatu perangkat unsur yang saling terkait dan mempunyai fungsi untuk memantau. Seraca umum *monitoring* dapat diartikan sebagai suatu aktivitas pengambilan data sacara berkala dan terus – menerus untuk menentukan nilai dari suatu keadaan. Pengambilan contoh udara atau air guna mengetahui tingkat konsentrasi zat yang terkandung untuk menentukan apakah udara atau air tersebut sudah tercemar atau belum. Aktivitas pemantauan merupakan salah satu tugas pengawas lingkungan hidup dalam mendeteksi dan mengevaluasi apabila terjadi perubahan kualitas suatu lingkungan[9].

Pada sistem *monitoring* biasanya digunakan alat bantu yang dapat mengendalikan proses *monitoring*. Dalam tugas akhir ini penulis mengunakan mikrokontroler untuk menjalankan sistem *monitoring*, yang terdiri dari beberapa sistem yakni : sistem *monitoring* suhu, kelembaban, gas karbon monoksida, dan gas karbon dioksida.

2.3. Arduino

Arduino merupakan suatu produk modul pengendali elektronik berbasis *open source* yang menggunakan mikrokontroler Atmel AVR dan memiliki perangkat lunak pemrograman sendiri. Pembuatan Arduino ini melibatkan beberapa tim pengembang. Massimo Banzai dan david Cuartielles tampil sebagai penemu

proyek ini, lalu untuk *wiring* ditangani oleh Hernando Barragan yang merupakan *programmer* dan artis asal Kolombia. Lalu ada juga IDE (*Integrated Develovment Environment*) yang diciptakan oleh Casey Reas dan Ben Fry, selain itu, ada beberapa *programmer* lain yang terlibat seperti Tom Igoe, Giancula Martino, David Mellis, dan Nicholas Zambetti[10].

Pada tahun 2014, aduino *board* sudah tersedia dalam berbagai jenis dan pilihanan antara lain Arduino Mega, Arduino Mega 2650, Arduino Mega ADK, Arduino Duemelanove, Arduino Leonardo, Arduino Nano, Aduino Uno dan masih banyak lagi.

Selain itu Arduino juga memiliki perangkat tambahan yang disebut *shield*. *Shield* adalah perangkat tambahan yang dapat dipasang langsung pada *board* Arduino. Dengan adanya *shield* ini pengguna tidak perlu lagi membuat rangkaian baru dan mensolder jika ingin membuat perangkat tambahan untuk Arduino, karena *shield* sudah dirancang sesuai dengan pin – pin yang dibutuhkan yang sesuai pada Arduino. Contoh *shield* arduino diantaranya *Ethernet shield* yang digunakan agar Arduino bisa terkoneksi dengan seluler, Xbee *Shield* digunakan agar beberapa arduino dapat berkomunikasi secara *wireless* dan masil banyak lagi.

Pemrograman Arduino menggunakan C++ yang telah dipermudah dan disederhanakan melalui *library*. Untuk menulis program kedalam Arduino, digunakan software Arduino IDE, software ini merupakan gabungan antara C++ dan java. Software Arduino IDE ini dapat dipasang diberbagai sistem operasi seperti LINUX, Mac OS dan Windows. Secara garis besar, software ini terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. *Editor Program*, berfungsi untuk menulis dan merubah program. *Listing* program yang dibuat pada Arduino IDE disebut *sketch*

2. *Compiler*, berfungsi untuk merubah kode program ke dalam kode biner, sehingga dapat dipahami oleh mikrokontroler

3. *Uploader*, berfungsi untuk memasukkan program ke mikrokontroler

Struktur perintah pada Arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak pertama kali Arduino dihidupkan atau di reset, sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan di eksekusi berulang – ulang selama arduino dalam keadaan menyala.

Gambar 2.2 Arduino Uno

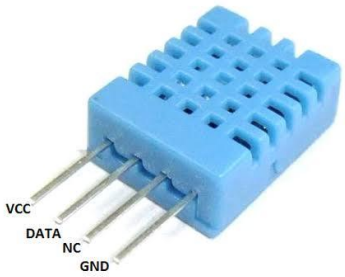
Gambar 2.2 merupakan bentuk dari Arduino Uno mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini.

2.4. Sensor

Sensor adalah komponen yang digunakan untuk mendeteksi suatu besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Sensor menjadi bagian dari tranduser yang berfungsi untuk melakukan pengindraan. Apabila ada perubahan energi eksternal yang masuk ke bagian masukan tranduser, perubahan kapasitas energi yang ditangkap tersebut segera dikirim kebagian konverter dari tranduser untuk dirubah menjadi energi listrik. Beberapa sensor yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sensor suhu dan kelembaban, sensor gas karbon monoksida dan sensor gar karbon dioksida.

2.4.1. DHT 11

DHT 11 adalah modul sensor suhu dan sensor kelembaban udara yang mempunyai jangkauan pengukuran suhu antara 0 sampai dengan 50°C dan kelembaban udara 20 – 80 %RH. Modul sensor ini memiliki akurasi pengukuran sekitar 2°C dan memiliki akurasi pengukuran kelembaban 5% RH [11].



Gambar 2.3 Sensor DHT 11

Gambar 2.5 merupakan bentuk dari sensor DHT 11 yang digunakan untuk melakukan pengukuran suhu dan kelembaban. Spesifikasi dari sensor DHT 11 adalah sebagai berikut :

- Supply Tegangan : +5 Volt
- Rentang suhu : -0 – 50°C presisi pengukuran 2°C
- Rentang kelembaban : 20 – 80% RH presisi pengukuran 5% RH
- Keluaran : Digital

Sensor ini merupakan sensor dengan kalibrasi digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor DHT 11 tergolong komponen yang memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik dan termasuk elemen resistif pengukur suhu (NTC). Selain memiliki kualitas yang baik, respon cepat, dan harga yang terjangkau. DHT 11 juga memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi ini disimpan dalam program memori sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka modul ini membaca koefisien sensor tersebut. Modul ini cocok untuk digunakan dalam pengukuran suhu dan kelembaban.

2.4.2. MQ-7

MQ-7 merupakan sensor gas sederhana untuk mendeteksi gas CO. Sensor ini dapat mendeteksi konsentrasi gas CO mulai dari 20 ppm sampai dengan 2000 ppm. Modul sensor ini sudah dilengkapi dengan potensiometer untuk mengatur sensitivitas dan biasanya dugunakan untuk perangkat rumahan, perangkat industri,

pengukuran polutan di jalan, maupun kendaraan. Kondisi lingkungan yang disarankann untuk penggunaan sensor ini adalah suhu antara -25°C dingga 50°C dan kelembaban tidak lebih dari 95%[12].

Gambar 2.6 Sensor MQ-7

Gambar 2.6 merupakan bentuk dari sensor MQ-7 yang digunakan pada penelitian untuk mengukur kadar gas karbon monoksida.

Spesifikasi dari sensor MQ-7 ini adalah sebagai berikut :

- *Supply tegangan* : *+5 Volt*
- *Interface type* : *Analog*
- *Pin definition* : *1- output*, 2 VCC, 3 GND
- Ukuran : 40x20mm

2.4.3. MG-811

MG-811 merupakan sensor yang sensitif terhadap gas CO_2, namun kurang sensitif terhadap gas CO. Sensor ini bisa diaplikasikan untuk memantau kualitas udara di dalam maupun di luar ruangan. Bentuk fisik dari sensor dapat dilihat pada Gambar 2.4. sensor MG-811 memiliki 6 kaki pin yang terdiri dari 2 pin A, 2pin B dan 2 pin pemanas[13].

Gambar 2.5 Sensor MG811

Gambar 2.5 merupakan bentuk dari sensor MG-811 yang digunakan pada penelitian untuk mengukur kadar gas karbon dioksida. Sensor MG-811 ini di dalamnya terdapat komponen lilitan pemanas yang berada dalam pipa keramik Al_2O_3. Struktur sensor terdiri dari bahan elektrolit padat dan pemanas. Bagian elektrolit terbuat dari kation (Na +) yang berada diantara dua elektroda yang tersusun di atas pemanas. Elemen tersebut berfungsi sebgai pendeteksi gas CO_2

2.5 Xbee

Xbee merupakan modul komunikasi nirkabel yang dibuat oleh digi international yang mendukung berbagai protokol komunikasi termasuk IEEE 802.15.4 dan ZigBee serta dapat digunakan sebagai pengganti kabel serial. Xbee memiliki fitur RF modul kompleks yang menjadi solusi dan sangat baik untuk membangun sebuah JSN (Jaringan Sensor Nirkabel). Modul Xbee dapat berkominikasi dengan mikrokontroler melaluli komunikasi seriat UART dan juga memiliki pin tambahan yang dapat digunakan untuk aplikasi Xbee secara mandiri, misalnya noda router dapat dibangun tanpa mikrokontroler[13].

Xbee diharapkan dapat memperkecil biaya dan menjadi konektivitas berdaya rendah untuk peralatan yang memerlukan baterai untuk hidup selama beberapa bulan bahkan sampai beberapa tahun, tetapi tidak memerlukan kecepatan transfer yang tinggi. Modul Xbee terbagi dalam dua versi yakni Xbee dan Xbee Pro. Xbee-pro memiliki konsumsi daya yang lebih besar dan memiliki kemampuan jarak komunikasi yang lebih jauh jika dibandingkan dengan Xbee.

2.5.1. Xbee Pro S2B

Xbee S2 merupakan jenis Xbee yang dibuat oleh Digi International yang mendukung protokol komunikasi ZigBee. Berbeda dengan seri sebelumnya yaitu Xbee S1 hanya dapat melakukan komunikasi dengan topologi peer dan star saja, sedangkan Xbee Pro S2B selain dapat berkomunikasi secara peer dan star juga mampu berkomunikasi secara mesh.

Gambar 2.6 Xbee PRO S2B

Gambar 2.6 merupakan gambar dari Xbee Pro S2B yang digunkan pada penelitian sebagai telemetri.

Adapun spesifikasi dari Xbee Pro S2B adalah sebagai berikut [13]:

- *RF data rate* : *250 Kbps*
- *Indor/ urban range* : *90 meter/60 meter*
- *Outdor/RF LOS range* : *3200 meter*
- *Transmite power* : *63mW(+18 dBm)/10Mw (+10dBm)*
- *Frequency band* : *2,4 GHz*
- *Interference immunity* :*DSS*
- *Antenna* : *wire*
- *Supply voltage* : *2,7 – 3,6 VDC*
- *Transmite current* : *220mA*
- *Receive current* : *62mA*

Pada Xbee Pro S2B mendukung protokol komunikasi ZigBee, sehingga menggunakan teknik modulasi *Direct Sequence Spectrum* (DSS) pada *physical layer*, tipe modulasi dalam frekuensi 2,4 GHz menggunakan *Phase Shift Keying* (QPSK) sesuai standar IEEE 802.15.4. dengan adanya *network layer* pada protokol komunikasi ZigBee memungkinkan untuk membentuk topologi jaringan *mesh* maupun *cluster free*. Sehingga jangkauan jaringan komunikasi Xbee Pro S2B dapat lebih luas

2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer berukuran kecil yang memiliki ukuran seperti kartu atm yang dapat dihubungkan ke tv atau layar komputer dan *keyboard* serta *mouse*.

Perangkat ini adalah komputer kecil yang mumpuni, dapat digunakan untuk proyek elektronik dan dapat melakukan banyak hal layaknya PC desktop atau komputer. Seperti menjalankan program perkantoran untuk membuat laporan, membuat dokumen, browsing internet bahkan memainkan permainan. Selain itu alat ini juga dapat memutar video beresolusi tinggi.

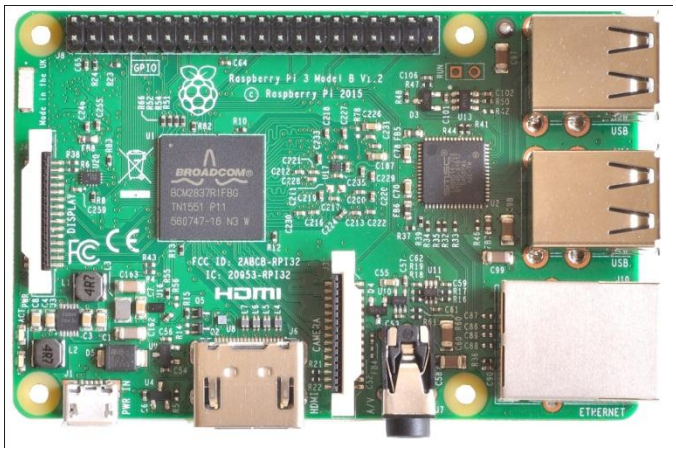
Saat ini ada beberapa model raspberry pi yang sudah di produksi dan di jual dipasaran, beberapa model tersebut antara lain adalah Raspberry pi 3 model B, pi 2 model B, Pi Zero, Pi Zero W dan Pi 1 Model B+ dan Model A+.

Adapun perbedaan spesifikasi dari beberapa macam Raspberry tersebut seperti yang ada pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Spesifikasi Raspberry Pi [14]

Product	SoC	Speed	RAM	USB Port	Ethernet	Wireless /Bluetooth
Raspberry Pi Model A+	BCM2835	700Mhz	512MB	1	No	No
Raspberry Pi Model B+	BCM2835	700Mhz	512MB	4	Yes	No
Raspberry Pi 2 Model B	BCM2836	900Mhz	1GB	4	Yes	No
Raspberry Pi 3 Model B	BCM2837	1200Mhz	1GB	4	Yes	Yes
Raspberry Pi Zero	BCM2837	1000Mhz	512MB	1	No	No
Raspberry Pi Zero W	BCM 2835	1000Mhz	512MB	1	No	Yes

Tebel 2.3 menunjukkan beberapa jenis Raspberry Pi beserta dengan spesifikasinya. Raspberry Pi yang digunakan pada penelitian ini yakni Raspberry Pi 3 Model B



Gambar 2.7 Raspberry Pi 3 Model B

Gambar 2.8 merupakan bentuk dari Raspberry Pi 3 Model B yang digunakan pada penelitian sebagai server.

2.7 Node MCU

NodeMCU merupakan sebuah *open source platform* IoT dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat *prototype* produk IoT atau bisa dengan memakai *sketch* dengan adruino IDE. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), IIC, 1-Wire dan ADC (Analog to Digital Converter) semua dalam satu board. GPIO NodeMCU ESP8266. Board ini sudah dilengkapi dengan fitur WiFi dan Firmwarenya yang bersifat *open source*. Node MCU pada penelitian ini dibutuhkan sebagai *gateway* antara noda sensor dengan server dari *thingsboard*.

Gambar 2.8 Node MCU

Gambar 2.8 merupakan bentuk dari NodeMCU yang digunakan pada penelitian sebagai nodal kordinator dan juga *gateway* yang menghubungkan antara Nodal Kordinator dengan Server.

2.8 ThingsBoard

ThingsBoard adalah *platform* IoT *open-source* yang memungkinkan pengembangan, manajemen, dan penskalaan proyek IoT yang cepat. Tujuannya adalah untuk menyediakan solusi *cloud IoT* yang tidak biasa dan memungkinkan infrastruktur di sisi server untuk aplikasi *IoT* [15].

Dengan adanya thingsboard memudahkan dalam hal perancangan dan pembuatan server untuk sistetm *IoT* yang akan dibuat, karena hanya perlu mengirimkan data sensor yang di butuhkan ke *cloud* dan akan diolah serta ditampilkan pada *dashboard* yang dimiliki oleh sistem dengan tampilan yang bisa di sesuaikan dengan kebutuhan. Beberapa fitur yang bisa dilakukan oleh thingsboard diantaranya;

- Menyediakan perangkat, aset dan pelanggan serta menentukan hubungan diantara mereka
- Mengumpulkan dan menvisualisasikan data dari perangkat dan aset
- Menganalisis telemetri yang masuk
- Desain *dashboard* yang dinamis dan responsif
- Dan masih banyak fitur lainnya.

Gambar 2.9 Contoh dasbor pada thingsboard

Gambar 2.9 adalah contoh tampilan dasbor yang ada pada thingsboard. Dasbor inilah yang nantinya digunakan sebagai media penampil data yang diperoleh oleh sensor sehingga dapat diamati dengan mudah menggunakan perangkat *PC* ataupun menggunakan *smartphone*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini terdiri dari berbagai instrumen, komponen, perangkat kerja serta bahan – bahan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Modul Arduino Uno	Sebagai modul mikrokontroler
2	Sensor MQ-7	Sebagai sensor pendeteksi gas CO
3	Sensor MG811	Sebagai sensor pendeteksi gas CO_2
4	Senssor DHT11	Sebagai sensor pendeteksi suhu dan kelembaban
5	Kebel Penghubung	Sebagai alat penghubung antar komponen
6	Laptop	Sebagai media pengkodean serta sebagai media pemantauan
7	Arduino IDE	Sebagai perangkat lunak untuk membuat program pada arduino
8	Xbee Adapter	Sebagai modul untuk mempermudah pengubungan antara Xbee dan NodeMCU
9	Xbee Pro S2B	Sebagai perangkat telemetri untuk pengiriman data dari nodal sensor kepada nodal kordianator
10	Xbee Shield	Sebagai penghubung antara arduino uno dengan Xbee

11	Thingsboard.io	Sebagai server yang berdiri sendir (*localhost*)
12	Power Adaptop	Sebagai catu daya
13	Raspberry Pi	Sebagai media web server
14	NodeMCU	Sebagai Gateway antara kordinator dengan server
15	LCD	Sebagai monitor dari Raspberry Pi
16	Keyboard wireless	Sebagai media masukan bagi Raspberry Pi

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pada penelitian ini terdiri dari dua nodal yaitu nodal sensor dan nodal kordinator. Perangkat nodal sensor dalam penelitian ini berfungsi sebagai pengideraan suhu, kelembaban , gas CO dan gas CO_2 pada lingkungan yang kemudian keempat data hasil penginderaan tersebut dikirimkan menuju nodal kordinator. Perangkat nodal kordinator berfungsi sebagai penerima data suhu, kelembaban, kadar gas CO dan CO_2 dari nodal sensor.

Perangkat nodal sensor dalam penelitian ini terdiri dari modul Arduino Uno, Xbee S2B, sensor DHT11, sensor MQ-7, dan sensor MG811, sedangkan nodal kordinator terdiri dari Xbee adapter dan Xbee Pro S2B serta Node MCU. Perangkat telemetri Xbee Pro S2B pada nodal sensor dikonfigurasikan menjadi tipe router atau *end device* yang berfungsi untuk mengirimkan data dan perangkat telemetri Xbee Pro S2B pada nodal kordinator dikonfigurasikan menjadi tipe kordinator yang menerima data dari router atau *end device*

3.3 Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Sistem mampu memantau suhu, kelembaban, konsentrasi gas CO dan CO_2 pada suatu lingkungan. DHT11 sebagai sensor suhu dan kelembaban, MQ-7 sebagai sensor gas CO, MG811 sebagai sensor CO_2 serta modul arduino Uno sebagai media pengolah data yang diperoleh oleh sensor yang diletakkan pada nodal sensor.

2. Pada perangkat nodal sensor, data dari sensor dikirimkan menggunakan perangkat telemetri Xbee Pro S2B menuju nodal kordinator yang terhubung dengan NodeMCU melalui Xbee Adapter.

3. Jaringan komunikasi antara perangkat nodal sensor dan nodal kordinator menggunakan komunikasi *peer to peer* atau yang biasa disebut *point to poin.t*

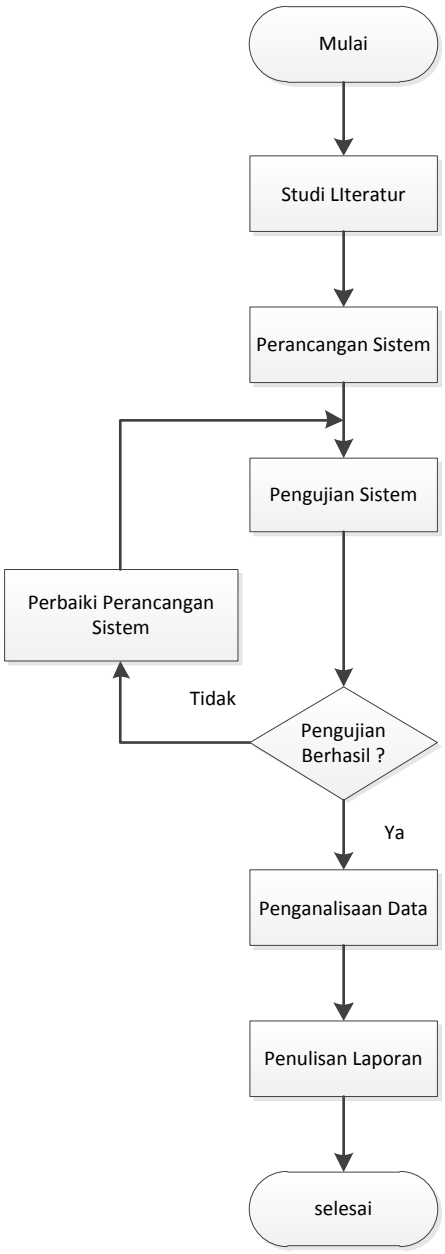
4. Menggunakan *power supply* adaptor sebagai sumber tegangan.

5. Sistem pemantauan terhubung ke Raspberry Pi melalui komunikasi WiFi dengan NodeMCU

6. *User Interface* dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Thingsboard sebagai *web server* yang dapat menampilkan data pada jendela web.

3.4 Metode Penelitian

Rancang bangun sistem pemantauan gas ini memiliki beberapa tahapan dalam pelaksanannya, yaitu dapat dijelaskan dengan diagram alir penelitian pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

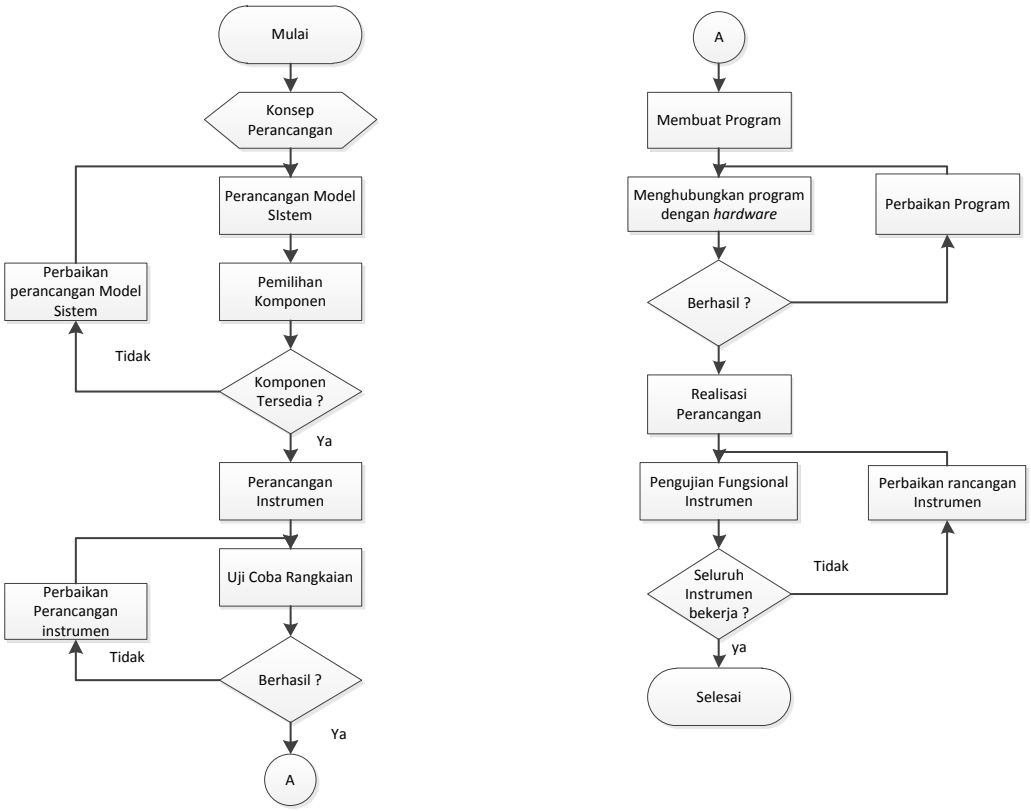
Gambar 3.1 merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan yakni mulai dari studi literatur, perancangan sistem, pengujian sistem kemudian menganalisa data dan diakhiri dengan penulisan laporan

3.4.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan kajian mengenai rancang bangun jaringan sensor nirkabel (JSN) dan hal –hal yang berkaitan dengan jaringan ini secara umum. Kajian dikhususkan pada rancang bangun dari JSN yang akan dibangun berupa pengukuran suhu, kelembaban, gas karbon monoksida dan gas karbon dioksida

3.4.2. Perancangan Sistem JSN

Pada tahap ini dilakukan perancangan pembuatan sistem JSN. Gambar 3.2 merupakan tahapan dalam pembuatan alat rancang bangun JSN untuk pemantauan suhu, kelembaban, gas CO dan CO_2. Hal ini dilakukan utuk memudahkan dalam perancangan dan pembuatan tugas akhir ini, sehingga dapat dilaksanakan secara sistematis.



Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Kerja

Gambar 3.2 merupakan diagram alir prosedur kerja meliputi perancangan dan juga pengujian dari sistem.

3.4.2.1 Perancangan Pembuatan Sistem

Pembuatan sistem dimulai ketika semua komponen sudah tersedia. Sistem yang dibangun terdiri atas pengirim informasi berupa suhu, kelembaban, gas CO dan CO_2, serta penerimaan informasi yang akan ditampilkan pada web

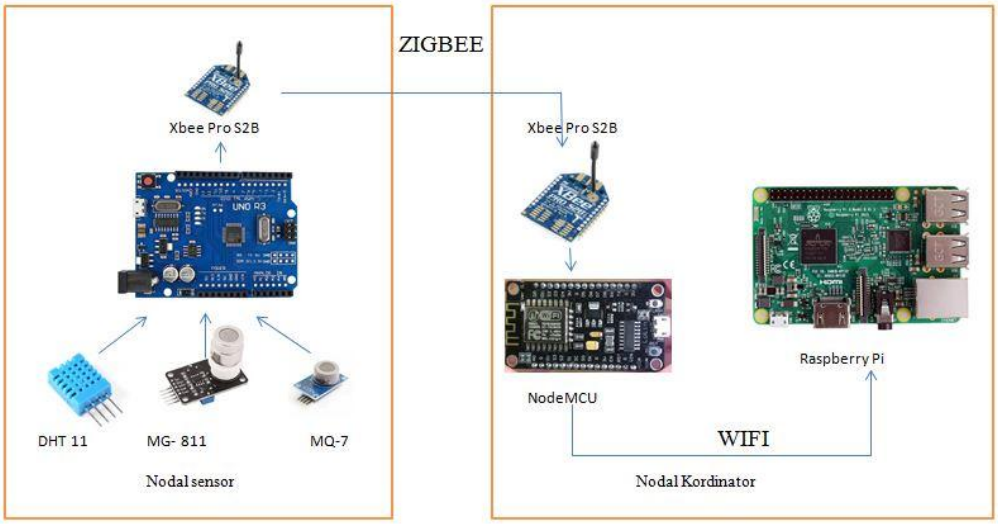
Langkah pertama adalah pembuatan nodal sensor sebagai pengirim informasi suhu, kelembaban, gas CO dan CO_2, pembuatan nodal sensor dengan memprogram modul Arduino Uno sebagai pusat pengendalian agar dapat

mengolah data yang terbaca oleh masing – masing sensor. Selanjutnya, data tersebut dikirim melalui telemetri Xbee Pro S2B yang sudah dikonfigurasikan dengan perangkat lunak X-CTU. Untuk menghubungkan antara modul Arduino dengan Xbee Pro S2B digunakan Xbee *Shield*.

Langkah kedua adalah pembuatan nodal kordinator sebagai penerima data suhu, kelembaban, gas CO dan CO_2, yang dikirimkan oleh nodal sensor. Bagian penerimaan ini menggunakan perangkat telemetri yang sama yaitu Xbee Pro S2B yang sudah dikonfigurasikan. Telemetri Xbee pada nodal kordinator dihubungkan dengan Xbee adapter sehingga data yang diterima oleh Xbee Pro S2B dapat ditampilkan dilayar komputer.

3.4.2.2 Blok Diagram Sistem Pemantauan

Perancangan blok diagram sistem pemantauan pada Gambar 3.3 berikut ini dibuat untuk mempermudah dalam realisasi alat yang dibuat.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Pemantauan

Gambar 3.3 merupakan blok diagram dari sistem pemantauan. Sistem ini terdiri dari dua subsistem utama yaitu nodal sensor dan juga nodal kordinator serta server. Pada nodal sensor terdapat beberapa komponen sensor, mikrokontroler dan radio telemetri. Sensor yang terdapat pada nodal kordinator yaitu DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban, sensor MG-811 untuk mengukur gas karbon dioksida dan sensor MQ-7 untuk mengukur gas karbon monoksida. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Uno dan radio telemetri yang digunakan Xbee Pro S2B. Pada nodal kordinator terdiri dari Xbee Pro S2B, NodeMCU dan Raspberry Pi sebagai server yang berdiri sendiri. Nodal sensor melakukan pengukuran parameter yang dibutuhkan kemudian mengolah data sebelum dikirimkan ke nodal kordinator menggunakan Xbee melalui jaringan zigbee. Pada nodal kordinator melakukan penerimaan data yang dikirimkan oleh nodal sensor, kemudian mengirimkan kembali data yang diterima ke server melalui jaringan wifi.

3.4.2.3 Perancangan Model Sistem JSN

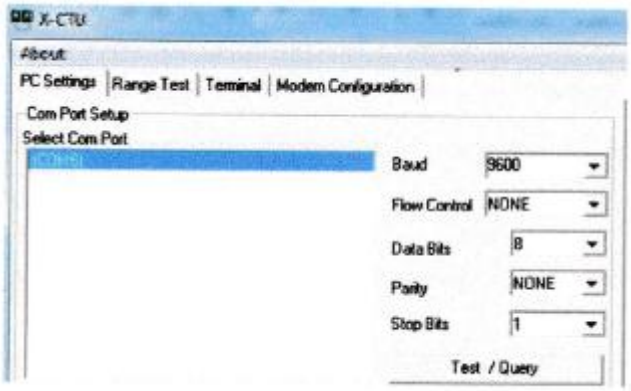
Perancangan model sistem JSN dilakukan dengan pembuatan perangkat nodal sensor dan nodal kordinator. Perangkat nodal sensor terdiri dari sensor suhu dan kelembaban DHT11, sensor gas karbon moksida MQ-7 sensor gas karbon dioksida MG 811 dan modul Arduino Uno sebagai pusat kendali, Xbee Pro S2B sebagai telemetri dan catu daya.

Pada perangkat nodal koordinator terdiri dari Xbee Pro S2B dan NodeMCU dan Xbee adapter sebagai *interface* yang terhubung dengan komputer server melalui jaringan wifi.

Tahap perancangan model sistem JSN yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

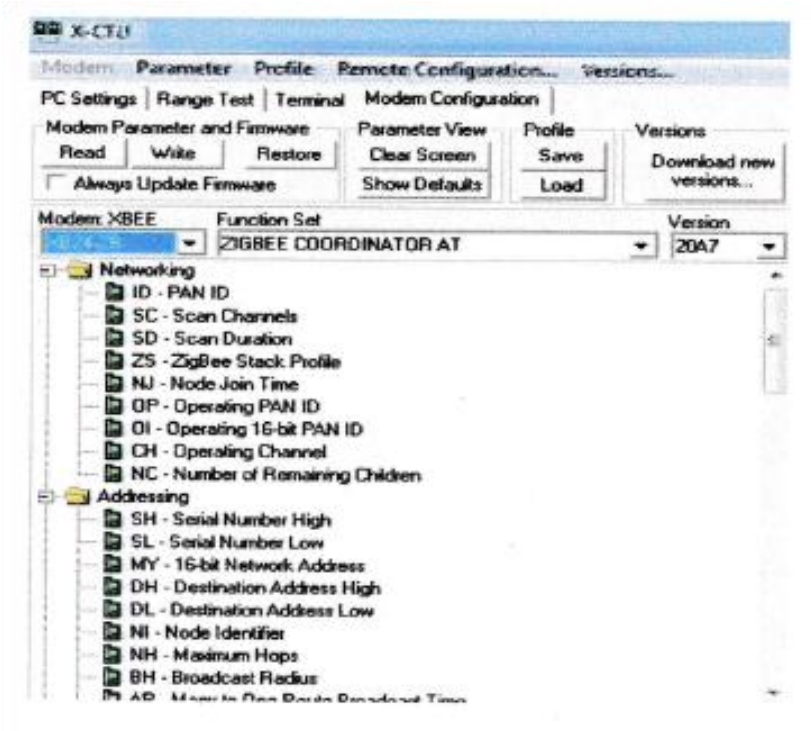
1. Melakukan konfigurasi perangkat telemetri Xbee Pro S2B yang berfungsi sebagai nodal kordinator dengan menggunakan perangkat lunak X-CTU. Sebelum melakukan konfigurasi pada perangkat telemetri Xbee S2 terlebih dahulu melakukan pengaturan COM Port serial terminal perangkat lunak X-CTU seperti pada Gambar 3.4 dengan mengkonfigurasikan parameter yang akan digunakan yakni sebagai berikut :

    a. Baud : 9600
    b. Flow control : none
    c. Data bits : 8
    d. Parity : none
    e. Stop bits : 1



Gambar 3.4 Konfigurasi PC *Setting* pada X-CTU

Konfigurasi dilanjutkan dengan melakukan pengaturan protokol *frame type* pada parameter – parameter *frame* perangkat telemetri Xbee Pro S2B seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Konfigurasi Xbee Pro S2B dengan X-CTU

Setting protokol untuk menentukan protokol komunikasi yang digunkan dengan memilih toolbar modem Xbee pada pilihan XB24-ZB menyatakan perangkat telemetri Xbee Pro S2B penggunakan protokol ZigBee. *Frame type* menentukan fungsi dari perangkat telemetri Xbee Pro S2B baik itu sebagai koordinator, *end device* maupun router dengan memilih *Toolbar Function* Set pada X-CTU. *Setting* parameter – parameter frame untuk menentukan jarikan komunikasi yang digunakan, pengalamatan dan lain sebagainya.

2. Membuat program modul Arduino dengan perangkat lunak Arduino

3. Pada nodal sensor menghubungkan perangkat telemetri Xbee Pro S2B dengan Xbee *Shield* dan modul Arduino Uno menjadi satu perangkat nodal sensor

4. Pada nodal koordinator menghubungkan dengan server

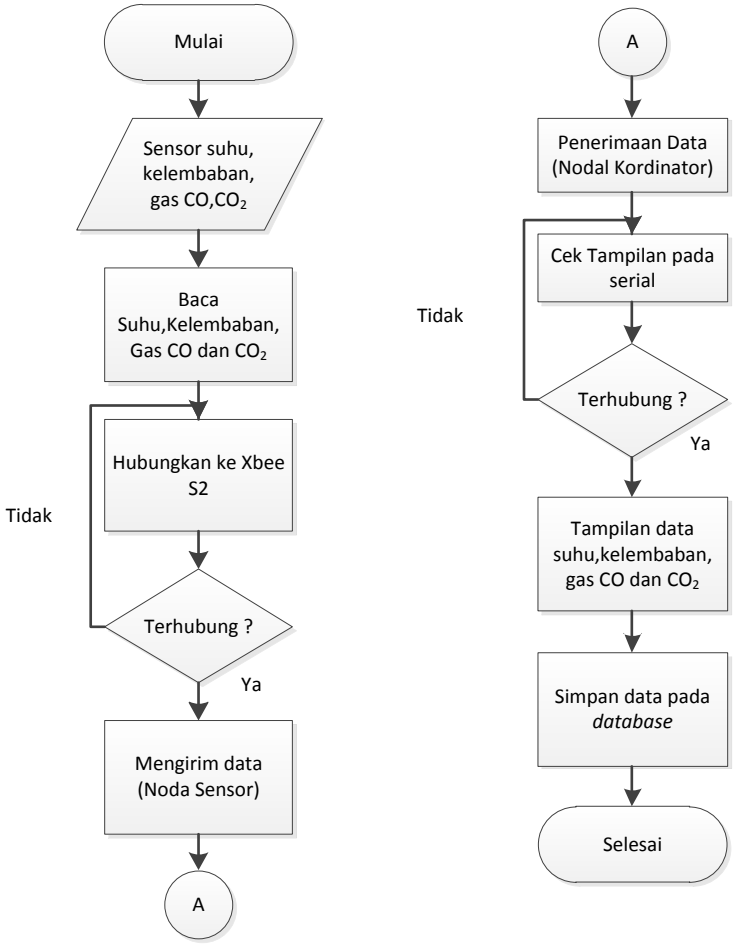
5. Melakukan komunikasi antar nodal sensor dengan nodal koordinator

3.4.2.4 Perancangan Kerja Sistem

Perancangan kerja sistem JSN pada penelitian ini secara garis besar yaitu pengiriman data oleh nodal sensor, penerimaan data oleh nodal koordinator dan tampilan data pada web. Tahapan perancangan kerja sistem ini adalah sebagai berikut

1. Nodal sensor akan mendeteksi suhu, kelembaban, kadar gas CO dan CO_2 dengan menggunakan sensor DHT 11 untuk suhu dan kelembaban, MQ-7 untuk CO dan MG811 untuk CO_2. Kemudian diolah oleh mikrokonteroler serta dikirimkan ke nodal koordinator dengan perangkat telemetri Xbee Pro S2B

2. Pada nodal koordinator menerima data yang dikirimkan oleh nodal sensor, nodal koordinator terhubung dengan Raspberry Pi dengan menggunakan jaringan WiFi, setelah itu data tersebut akan ditampilkan pada web pada layar monitor dengan menggunakan ThingsBoard sebagai server



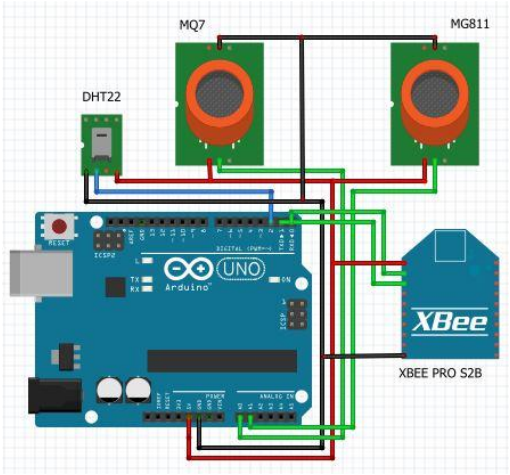
Gambar 3.6 Diagram Alir Kerja Sistem

Gambar 3.6 merupakan diagram alir kerja sistem yang diawali dengaan pembacaan sensor sampai dengan penyimpanan data pada basis data.

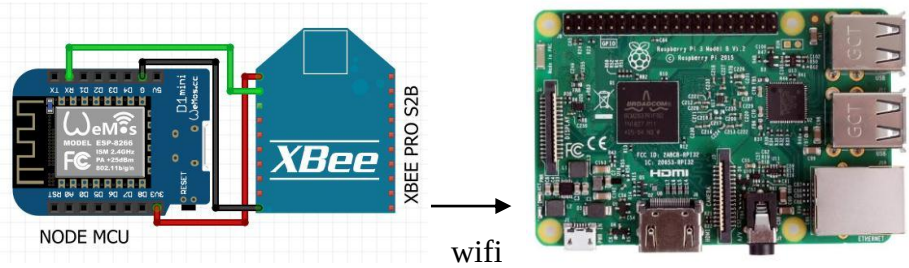
3.4.2.5 Perancangan Sistem Keseluruhan

Perancangan sistem keseluruhan merupakan rangkaian mikrokontroler untuk memproses data sensor dan mengirimkan data dari jarak jauh menggunakan perangkat telemetri Xbee Pro S2B perancangan sistem keseluruhan dilakukan dengan membuat skematik konfigurasi Arduino Uno dengan sensor DHT 11, MQ-

7 dan MG811. Adapun skematik dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.7a dan 3.7b



(a)



(b)

Gambar 3.7(a) Skematik diagram nodal sensor (b) Skematik diagram nodal kordinator dan server

Gambar 3.7(a,b) merupakan rangkaian dari dua bagian sistem, yakni bagian nodal sensor dan nodal kordinator. Pada nodal sensor terdapat arduino Uno sebagai

pusat kendali, sensor DHT11, MQ-7 dan sensor MG811, selain itu juga terdapat sebuah telemetri berupa Xbee.Pro S2B. Komponen – komponen tersebut terhubung dengan arduino Uno pada masing – masing pin yang tersedia adapun pin pin yang digunakan pada rangkaian adalah sebagai berikut;

1. DHT11 : D2
2. MQ-7 : A0
3. MG811 : A1
4. Xbee Pro S2B : tx/rx

Selain terhubung dengan pin tersebut, masing – masing perangkat juga terhubung dengan VCC 5v dan juga *ground* sebagai catu daya.

Pada bagian nodal kordinator terdapat dua buah komponen yang digunakan yaitu NodeMCU dan Xbee yang keduanya saling terhubung pada pin tx/rx dan catu daya. Selain sebagai kordinator juga merupakan gateway menuju server yang berada pada Raspberry Pi melalui jaringan WiFi.

3.4.3 Pengujian Perangkat Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem JSN berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Pengujian perangkat bertujuan untuk mengetahui apakan sistem yang dibuat sudah sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Pengujian dilakukan dari masing – masing tahapan, dimulai dari pengujian sensor suhu, kelembaban, akuisisi data, kalibrasi gas karbon dan sistem secara keseluruhan

3.4.3.1 Pengujian Sensor DHT11

Pengujian sensor DHT11 bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan dari sensor tersebut apakah sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai besaran yang dihasilkan oleh sensor DHT11 dengan nilai besaran yang dihasilkan oleh alat ukur. Nilai keluaran yang dihasilkan oleh sensor ini terdiri atas nilai suhu dan kelembaban udara, sehingga dilakukan dua kali pengukuran. Yang pertama dilakukan adalah pengukuran suhu, setelah nilai suhu didapat kemudian dilakukan pengukuran yang kedua yaitu pengukuran nilai kelembaban udara. Adapun alat ukur pembanding yang digunakan yaitu Combo IAQ meter tipe 77597. Alat ini selain dapat digunakan sebagai alat ukur suhu dan kelembaban juga dapat mengukur kadar CO dan CO_2 pada udara, sehingga untuk perbandingan kedua parameter lainnya juga mengunakan alat ukur ini. Kondisi saat dilakukannya pengujian suhu dan kelembaban dapat di lihat pada Gambar 3.8 berikut.

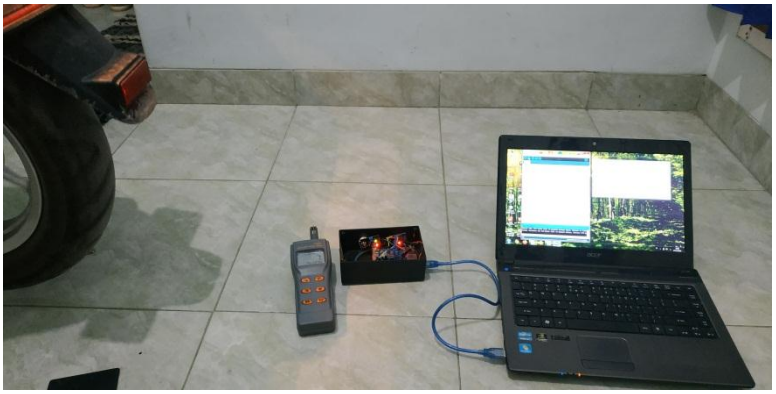
Gambar 3.8 Proses pengujian sensor DHT11

Gambar 3.8 merupakan proses pengujian terhadap sensor DHT 11. Pada saat dilakukan pengujian, sensor DHT11 dan sensor pembacaan dari alat ukur pembanding diletakkan pada posisi yang sama atau berhimpitan guna

meminimalisir perbedaan bembacaan kondisi udara. Untuk membuat kondisi udara yang berubah, digunakan *hair dryer*, udara yang dihasilkan oleh *hair dryer* ini bersifat panas dan kering, sehingga bisa dijadikan sebagai acuan dalam pengukuran. Hasil yang di peroleh dalam pengujian ini di simpan pada tabel data hasil pengujian.

3.4.3.2 Pengujian Sensor MQ-7

Pengujian sensor MQ-7 atau sensor gas karbon monoksida digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi dari pembacaan sensor MQ-7. Tingkat akurasi dari suatu alat ukur sangat dibutuhkan agar tidak terjadi kesalahan dalam hal pengukuran. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor MQ-7 dengan alat ukur yang telah dikalibrasi yakni Combo IAQ meter tipe 77597. Kalibrasi dilakukan dengan cara mendekatkan kedua alat ukur dengan ujung knalpot kendaraan agar diperoleh konsentrasi gas CO yang cukup untuk pembacaan kedua alat tersebut. Hal ini dilakukan karena gas buang yang dihasilkan dari sisa pembakaran kendaraan bermotor memiliki konsentrasi gas CO yang cukup tinggi. Hasil yang diperoleh dalam pengujian ini dapat dilihat pada tabel hasil pengukuran.



Gambar 3.9 Pengujian Sensor MQ-7

Gambar 3.9 merupakan proses pengujian sensor MQ-7 dengan cara menempatkan alat ukur pembanding dan sensor MQ-7 secara berdampingan.

3.4.3.3 Pengujian Sensor MG-811

Sama halnya dengan kedua sensor sebelumnya, pada sensor MG-811 juga perlu dilakukan pengujian terhadap nilai pembacaan yang diperoleh. Hal ini dilakukan agar diketahui apakah nilai yang dihasilkan oleh sensor MG811 ini sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya atau belum. Metode yang dilakukan pada pengujian ini hampir sama dengan pengujian sensor MQ-7 hanya saja sumber gas yang digunakan bersumber dari sisa respirasi. Seperti yang sudah diketahui bahwa saat manusia menghembuskan napas, gas yang dikeluarkan merupakan gas karbon dioksida. Atas alasan tersebutlah menggunakan nafas sebagai acuan dalam pengukuran kadar gas CO_2 pada pengujian kali ini. Agar memiliki nilai yang berbeda dilakukan peniupan terhadap sensor sampai diperoleh hasil yang diharapkan. Hasil yang diperoleh oleh sensor MG-811 dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh alat yang telah terkalibrasi yakni Combo IAQ meter tipe

77597 apakah hasil yang di dapat sudah sesuai atau masih terdapat perbedaan pembacaan. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel data hasil pengujian.

Gambar 3.10 Pengujian Sensor MG811

Gambar 3.10 merupakan proses pengujian sensor MG-81, pada pengujian ini kedua sensor alat ukur diletakkan berdekatan agar tidak terjadi perbedaan pembacaan sensor.

3.4.4 Analisis dan Kesimpulan

Setelah membuat alat dan pengujian selesai, langkah selanjutnya adalah menganalisa data yang diperoleh dari pengujian alat dan sistem. Proses analisa dari pengujian alat ini dilakukan agar mengetahui kelebihan dan kekurangan sistem untuk mengambil kesimpulan

3.4.5. Pembuatan Laporan

Dalam tahapan ini dilakukan penulisan laporan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian. Data yang di hasilkan di analisa dan dilakukan pengambilan kesimpulan dan saran.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1.Simpulan

Berdasarkan pengujian dan pembahasan dapat ditarik simpulan sebagai berikut,

1. Telah terealisasi sebuah sistem pemantauan kualitas udara yang dapat diakses secara *realtime* pada web server lokal.
2. Sistem yang dirancang dapat memantau suhu dengan error 0.1^{o}C, kelembaban 0.67% kadar gas CO 0.93ppm dan CO2 19ppm
3. Kualitas udara pada Universitas Lampung berkategori BAIK dengan nilai ISPU < 50

5.2.Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan pada penelitian berikutnya ialah ;

1. memilih mikrokontroler yang memilliki konsumsi daya yang lebih rendah
2. Pemilihan sensor perlu diperhatikan lagi agar tingkat akurasi yang dihasilkan.lebih tinggi dan rentang pengukuran yang lebih luas
3. Pada saat kalibrasi sensor gas sebaiknya dilakukan pada ruangan kedap udara agar konsetrasi gas tidak berubah
4. Menggunakan Raspberry Pi 4 untuk meningkatkan kemampuan server

DAFTAR PUSTAKA

[1] Republik Indonesia. 2009.*Undang – Undang No.32 Tahun 2009 tentang Pokok Pengolahan Lingkungan Hidup.* Jakarta.

[2] Farhan Wijaya,V., 2016.*Rancang Bangun Sitem Pemantauan Gas pada Lingkungan Berbasis Arduino.* Teknik Elektro. Universitas Lampung.

[3] Abadi,R.,2018.Sistem Telemetri Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida(CO_2) Berbasis Web di Universitas Lampung. Teknik Elektro. Universitas Lampung

[4] Rao.A.,dkk., 2017. *Evironmental Monitoring Using Wireless Sensor Network (WSN) Based On IoT,Volume 4 No.1,pp.1371-1378.*Dept.of Electronics.University of Mumbai

[5] Sugiarti., 2009. *Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia, Jurnal Chemical Volume 10 No.1, pp. 50-51.* Jurusan Kimia. Universitas Negeri Makasar.

[6] Keputusan Kepala Bapedal.1997.*Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara No.107 tahun 1997. Indonsia*

[7] Alamsyah.T.,dkk., 2012. *Wireless Measurment Gas Karbon Monoksida (CO), Nitrogen (NO2) dan Ozon (O3), Volume 10 No.2 pp 157-158.* Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Jakarta.

[8] Admin,"*Improve Air Quality,Reduce occupant Fatigue",* Buildera, 2015 [Online]. Tersdia: https://www.buildera.com/carbon-dioxide-co2-monitoring-service?rq=co [diakses 20 November 2019]

[9] Sunggono,D., 2008. http://bahasa.kemdiknas.go.id/kbbi/indek.php. Access Date : Oktober 14th, 2018

[10] Artanto,Dian. 2012. Pengenalan Arduino. Gramedia

[11] Aosong., 2019. DHT Product Manual. Access Date: Oktober 14th, 2019

[12] Hanwei., 2019.Technical Data MQ-7 Gas Sensor. Access Date: Oktober 14th, 2019

[13] Hanwei., 2019.MG-811 Sensor. Access Date: Oktober 14th, 2019

[14] Digi International Inc, 2019. Xbee/Xbee-Pro ZB RF Modules Product Manual. Access Date: Oktober 14th, 2019

[15] Raspberry., 2019. Rasberry Pi Compute Modul Datasheet . Acces Date Oktober 14th, 2019