

# Rancang Bangun Wireless Remote Sensing Sistem untuk Memantau Temperature dengan Menggunakan Protokol ZigBee

Yuwono Marta Dinata<sup>1</sup>

**Abstrak-**Dewasa ini kebutuhan informasi yang semakin meningkat mengharuskan informasi tersebut dapat diketahui secara real time. Didorong dari kebutuhan-kebutuhan realtime inilah dibutuhkan komunikasi yang dapat mengirimkan data secara cepat dan terus menerus. Khususnya untuk mengirimkan besar fisik seperti suhu. Pemantauan suhu ini menjadi sangat penting bagi keperluan analisa data cuaca. Pada penelitian ini berkonsentrasi pada pengiriman data suhu secara real time.

Metode yang saat ini digunakan untuk pengiriman data yaitu menggunakan komunikasi wireless. Komunikasi ini dipilih karena wireless lebih mudah dalam hal instalasi. Untuk komunikasi wireless digunakan sistem polling. Sistem ini di buat dengan menggunakan Coordinator dan Node. Coordinator bertugas untuk mengatur jalannya pengiriman data. Sedangkan Node bertugas untuk mengambil data dan mengirimkan ke Coordinator. Pengiriman data ini dilakukan dengan format sebagai berikut frame extended, diikuti dengan frame data. Frame extended berfungsi untuk melakukan sinkronisasi agar penerima siap menerima frame data.

Hasil dari penelitian ini yaitu topology telah berhasil dibuat. Pembacaan suhu dan pengiriman telah berhasil dilakukan dengan seratus kali pengiriman didapatkan sekitar 97% data dapat diterima. Pengiriman data dilakukan dengan menggunakan protokol ZigBee.

**Kata Kunci:** ZigBee, Coordinator, Node, Wireless, Suhu

**Abstract—** Information today is very important and must serve in real time. Because of this, needed communication to send data quick and continuous. Specially to send data such as temperature. This data become more crucial to weather analysis. In this research, focus on sending data temperature in real time. This research use wireless communication to send data from one point to another point. Wireless communication made easy for installation process. The system communication use polling system. This system was made by using Coordinator and Node. Coordinator has function to control data, while node has function take temperatr data and send it to Coordinator. Data send frame by frame. In this research, data send use additional frame called extended frame and then data frame. Extended frame has function as weak up signal. Result from this research is network topology has been success build. Data temperature reading and sending which have been done 100 times, give 97% result either Coordinator or Node can receive data and send data.

**Keywords:** ZigBee, Coordinator, Node, Wireless, Suhu.

## I. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan Telekomunikasi sangatlah maju dan berkembang pesat. Teknik dalam telekomunikasi sangatlah banyak macamnya. Dewasa ini kebutuhan informasi yang semakin meningkat mengharuskan informasi tersebut dapat diketahui secara real time atau pada saat itu juga. Didorong dari kebutuhan-kebutuhan realtime inilah dibutuhkan komunikasi yang dapat mengirimkan data secara cepat dan terus menerus. Penggunaan wireless atau jaringan nirkabel bertujuan untuk menggantikan kabel yang menghubungkan terminal komputer dengan jaringan, sehingga tetap dapat berkomunikasi dengan kecepatan transmisi yang memadai. Wireless atau jaringan nirkabel ini menggunakan gelombang radio sebagai media transmisinya.

Jusak dalam penelitiannya menyebutkan bahwa teknologi Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah sebuah teknologi yang merupakan gabungan antara teknologi pengindaraan (sensing) dengan teknologi jaringan (networks) (Fotue, Tanankou, & Engel, 2009 November). Walaupun aplikasi JSN telah banyak digelar di beberapa negara maju, implementasi teknologi JSN ini masih tergolong baru di Indonesia, padahal teknologi JSN sangat bermanfaat untuk memantau, misalnya lahan pertanian, kebakaran hutan, kondisi lingkungan (Fotue, Tanankou, & Engel, 2009 November), dan juga kondisi kesehatan seseorang (Ko, Lu, & M.B, 2010). Karena itu potensi dan kebutuhan pemanfaatan teknologi JSN di Indonesia diperkirakan akan besar pada masa yang akan datang.

Sistem jaringan JSN yang akan dibangun terdiri atas beberapa sensor node dengan menggunakan papan mikrokontroler Arduino Uno (McRoberts, 2010) dan radio Xbee sebagai perangkat transmisi data yang berasal dari node JSN menuju ke Coordinator.

Pemantauan suhu sangat perlu digunakan untuk melakukan monitoring dan pengnanganan kekeringan. Maka dari itu di perlukan suatu alat yang dapat memantau suhu tersebut. Monitoring yang dilakukan secara nirkabel dapat menambah praktis sistem. Sistem ini bisa di buat dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) dan data dikirimkan secara bit stream tiap detik.

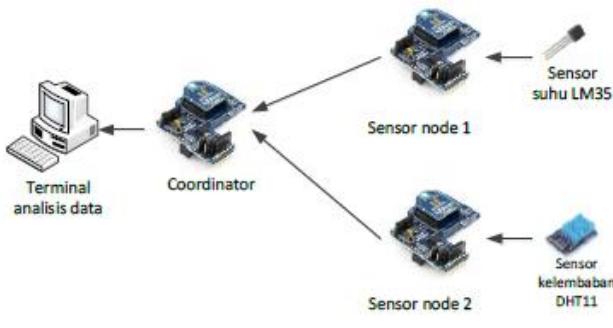
<sup>1</sup> Dosen, Universitas Ciputra Surabaya, UC Town, Citraland Suarabaya 60219( telp: 031-745 1699; fax: 031-745 1699; e-mail: yuwono.dinata@ciputra.ac.id)

## II. LANDASAN TEORI

Dalam penelitian ini terdapat beberapa dasar teori pendukung seperti literatur penelitian sebelumnya, wireless sensor network, arduino, topologi jaringan, DT sense temperature sensor, komunikasi I2C dan ZigBee.

### A. Literatur penelitian sebelumnya

Jusak sebelumnya telah melakukan penelitian mengenai pengiriman data dengan menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) (Jusak, 2013). Topologi yang digunakan dapat dilihat seperti Gambar 1.



Gambar 1. Topology JSN

Sensor node 1 dan sensor node 2 berfungsi sebagai pengumpul data, bahwa sensor node 1 bertugas untuk mengambil data analog yang berasal dari sensor suhu, sedangkan sensor node 2 bertugas untuk mengambil data analog yang berasal dari sensor kelembaban ruangan.

Untuk pengiriman data, Jusak menggunakan pengolah pada datanya terlebih dahulu untuk membedakan data pengiriman masing-masing node. Dengan caran yaitu apabila data berasal dari sensor node 1, maka dengan menggunakan angka 20.000 yang ditambahkan pada data digunakan sebagai tanda. Sehingga data sensor node 1 yang terkirim melalui radio Xbee selalu ditandai dengan angka awal 2. Sedangkan untuk menandai data dari sensor node 2 dilakukan dengan menambahkan angka 10.000.

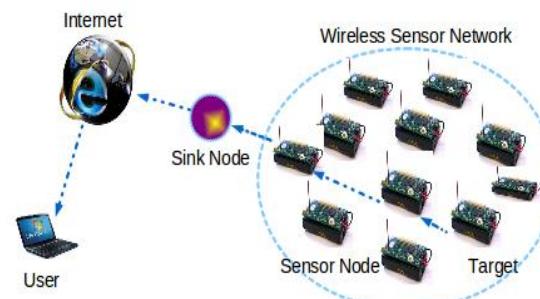
Pada bagian coordinator akan membedakan data yang diterima dengan cara menguji data tersebut. Jusak, mengambil batasan angka sebesar 15.000 sebagai pembanding data yang diterima dari sensor node. Apabila data yang masuk lebih besar dari 15.000, maka dapat dipastikan data tersebut adalah data suhu yang berasal dari sensor node 1. Apabila data yang diterima kurang dari batasan tersebut, maka dapat dipastikan bahwa data tersebut berasal dari sensor node 2 yang berisi data kelembaban.

### B. Wireless Sensor Network (WSN)

Wireless Sensor Network atau di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan Jaringan Sensor Nirkabel atau disingkat dengan JSN merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor node yang bersifat mandiri yang diletakkan di tempat yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan. Pada umumnya disesuaikan

dengan keperluan seperti melakukan memonitoring kondisi suatu tempat dan dapat berinteraksi dengan lingkungannya dengan cara melakukan sensing, controlling dan communication terhadap besaran fisiknya. Arsitektur JSN dapat dilihat pada Gambar 2.

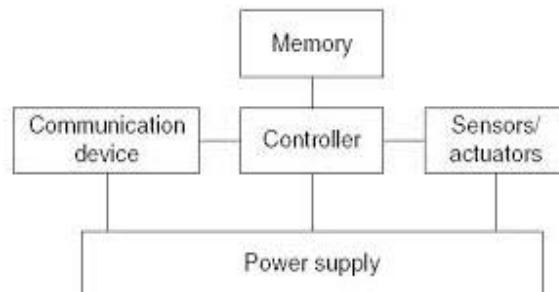
Arsitektur JSN pada Gambar 2, memperlihatkan gambaran secara umum mengenai WSN. Node-node tersebar di suatu area tertentu dan pada umumnya berukuran kecil. Note tersebut mempunyai kemampuan untuk melakukan *route* data yang dikumpulkan ke node lain yang berdekatan. Proses pengiriman data dilakukan melalui transmisi radio dan di teruskan menuju *Base Station* (BS) atau disebut dengan *sink node*. *Sink node* berupa penghubung antara *node sensor* dan *user*. Informasi tersebut dapat diakses melalui berbagai platform seperti melalui koneksi internet, atau satelit. Hal ini memungkinkan *user* dapat mengakses secara real time melalui *remote server* (E, Sugiarto, & Sakti, 2009 November).



Gambar 2. Arsitektur JSN

Sumber : (<http://virtual-labs.ac.in>)

Setiap node dalam WSN terdiri dari lima komponen yaitu kontroller/mikrokontroler, memori, sensor/akuator, perangkat komunikasi dan catu daya. Umumnya catu daya yang dipakai adalah baterai. Komponen – komponen dari sebuah node ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Komponen sebuah node dalam WSN

Sumber : (E, Sugiarto, & Sakti, 2009)

Penjelasan mengenai Gambar 3 sebagai berikut:

1. *Communication device* (perangkat komunikasi)

Berfungsi untuk menerima maupun mengirim data dengan menggunakan protokol IEEE 802.15.4 atau IEEE 802.11b/g kepada device atau *node* lainnya.

## 2. Mikrokontroller

Berfungsi untuk melakukan fungsi perhitungan, mengontrol dan memproses alat-alat yang terhubung langsung dengan mikrokontroler.

## 3. Sensor

Berfungsi untuk melakukan sensing besaran fisis yang hendak diukur. Sensor merupakan suatu alat yang mampu untuk mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lain, dalam hal ini adalah mengubah dari energi besaran fisik yang diukur menjadi energi listrik yang kemudian diubah oleh *Analog Data Converstion* (ADC) menjadi deratan pulsa terkuantisasi yang kemudian bisa dibaca oleh mikrokontroler.

## 4. Memory

Berfungsi sebagai tambahan memori bagi sistem Wireless Sensor, pada dasarnya sebuah unit mikrokontroler memiliki unit memori sendiri.

## 5. Power supply

Berfungsi sebagai sumber daya bagi sistem *Wireless Sensor* secara keseluruhan.

## C. Arduino

Arduino merupakan mikrokontroler yang memang dirancang untuk bisa digunakan dengan mudah oleh para seniman dan desainer (yang memang bukan orang teknik). Dengan demikian, tanpa mengetahui bahasa pemrograman, Arduino bisa digunakan untuk menghasilkan karya yang canggih. Hal ini seperti diungkapkan oleh Mike Schmidt, 2011.

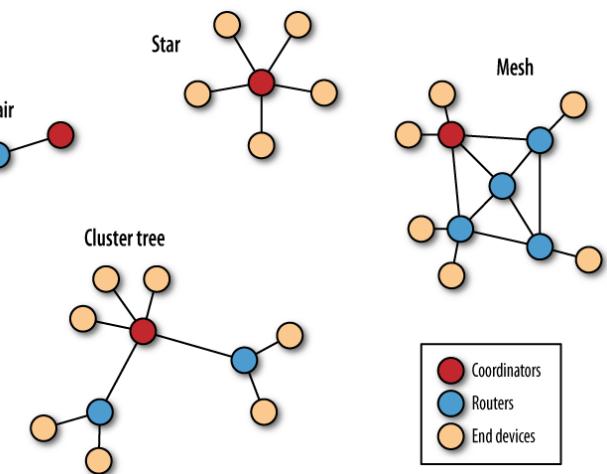
Menurut Massimo Banzi, salah satu pendiri atau pembuat Arduino, Arduino merupakan sebuah platform hardware open souce yang mempunyai input/output (I/O) yang sederhana (Banzi, 211). Arduino terdiri dari dua bagian yaitu hardware dan software. Pada penelitian ini digunakan dua buah macam hardware Arduino yaitu Arduino Uno Rev3 dan Arduino Mega 2560 Rev3, yang masing-masing dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5



Gambar 5. Arduino Mega 2560 Rev3  
(<http://store.arduino.cc/product/A000067>)

## D. Topologi Jaringan

Topologi jaringan atau bentuk jaringan pada wireless sensor network dapat di bedakan menjadi topologi jaringan point to point, topologi jaringan multihop, dan topologi jaringan mesh (Dwivedi & Vyas, 2010). Topologi yang pertama yaitu topologi point to point yang sering disebut star, dimana setiap nodenya langsung terhubung ke gateway. Topologi yang ke dua yaitu topologi mutihop atau yang lebih dikenal dengan nama cluster tree, dimana setiap node terhubung dengan node lain yang lebih tinggi dan node tersebut terhubung dengan gateway sehingga berbentuk mirip pohon. Data akan di kirimkan dari node terendah ke gateway. Topologi yang terakhir adalah topology mesh, node dapat saling terhubung ke node yang banyak di dalam sistem dan data akan melalui jalur terbaik. Gambar dari ke tiga macam topologi tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Topologi Jaringan WSN  
Sumber : (Faludi, 2011)

Gambar 5.

Gambar 4. Arduino Uno Rev3  
(<http://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>, 2014)

### E. DT Sense Temperatur Sensor

DT-Sense Temperature & Humidity Sensor merupakan sebuah modul sensor cerdas berbasis sensor SHT10 yang dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya temperatur udara dan kelembaban nisbi (Relatif Humidity disingkat RH) di sekitar sensor (Digiware store, 2014). Keluaran DT-Sense Temperature & Humidity Sensor berupa data digital yang sudah terkalibrasi penuh sehingga dapat dipakai langsung tanpa perhitungan tambahan. Gambar fisik DT Sense Temperatur Sensor dapat dilihat pada Gambar 7.

Spesifikasi DT-Sense Temperature & Humidity Sensor sebagai berikut:

- Range sensor temperatur -40 - 123,8 °C.
- Akurasi sensor temperatur  $\pm 0,5$  °C.
- Resolusi sensor temperatur  $\pm 0,1$  °C.
- Waktu respon sensor temperatur 5 - 30 detik.
- Range sensor kelembaban 0 - 100 %RH.
- Akurasi sensor kelembaban  $\pm 4,5$  %RH.
- Resolusi sensor kelembaban  $\pm 0,1$  %RH.
- Waktu respon sensor kelembaban 8 detik.
- Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
- Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.
- Dilengkapi dengan jumper untuk pengaturan alamat, sehingga bisa dicascade sampai 8 modul tanpa perangkat keras tambahan (untuk satu master menggunakan antarmuka I2C).
- Sumber catu daya menggunakan tegangan 4,8 - 5,4 VDC.

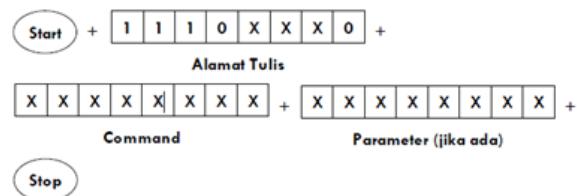


Gambar 7. DT Sense Temperatur dan Humidity (Digiware store, 2014)

### F. Komunikasi I2C

Antarmuka I2C pada modul DT-Sense Temperature & Humidity Sensor mendukung bit rate sampai dengan maksimum 50 kHz. Semua perintah yang dikirim melalui antarmuka I2C diawali dengan start condition dan kemudian diikuti dengan pengiriman 1 byte alamat modul DT-Sense Temperature & Humidity Sensor. Setelah pengiriman alamat, selanjutnya master harus mengirim 1 byte data yang berisi <nomor perintah> dan (jika diperlukan) 1 byte data parameter perintah. Selanjutnya, setelah seluruh parameter perintah telah dikirim, urutan perintah diakhiri dengan <stop>.

Berikut urutan yang harus dilakukan untuk mengirimkan perintah melalui antarmuka I2C seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Protokol Komunikasi I2C

### G. ZigBee

Zigbee merupakan pro-tokol teknologi nirkabel yang bersifat ter-buka sesuai dengan spesifikasi radio ieee 802.15.4. zigbee dapat digunakan pada frekuensi 2,4 - 2,484 GHz, 902 - 928 MHz, dan 868 - 868,6 MHz. perbandingan zigbee dengan standard wireless lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Protokol ZigBee dengan protokol yang lain

Standard	ZigBee® 802.15.4	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1
Transmission Range (meters)	1 – 100*	1 - 100	1 – 10
Battery Life (days)	100 – 1,000	0.5 – 5.0	1 - 7
Network Size (# of nodes)	> 64,000	32	7
Application	Monitoring & Control	Web, Email, Video	Cable Replacement
Stack Size (KB)	4 – 32	1,000	250
Throughput (kb/s)	20 – 250	11,000	720

\* XBee-PRO Module mempunyai jangakauan 2 – 3x dari standard ZigBee Modules (hingga 1200 meter).

Sumber: www.digi.com

Beberapa keuntungan yang diperoleh pada penggunaan protokol ZigBee ini antara lain : *low duty cycle* – mempunyai umur baterai dengan umur yang cukup panjang; *low latency*; mendukung untuk topologi multiple jaringan: static, dynamic, star, dan mesh; Direct sequence spread spectrum (DSSS); dapat menangani jaringan dengan jumlah hingga 64.000 node; menggunakan enkripsi 128 bit-AES (Advanced Encryption Standard) untuk keamanan data; mendukung untuk collision avoidance; dapat mengindikasikan kualitas link. Interferensi dapat dihindari dengan membuat jarak antara ZigBee (802.15.4) dengan WiFi (802.11b) minimal sejauh 8 meter, sehingga pengaruh interferensi dapat diabaikan.

### H. Transceiver XBee/XBee-PRO.

XBee/XBee-PRO merupakan sebuah transceiver yang dapat mendukung ZigBee wireless standard dalam penggunaanya. XBee module mempunyai dua mode operasi. Mode yang pertama yaitu mode *transparent serial port*. Pengiriman data dari sensor ke modul XBee

melalui serial port, kemudian XBee module mengirimkan data ke module XBee lainnya secara wireless. Sedangkan mode yang kedua yaitu mode *Packet*. Pengiriman pesan ke module XBee itu sendiri. Terdapat dua macam pac-ket mode, yaitu IO packet dan *command packet*.

### I. Xbee Series 2 Chip Antenna dan Xbee Pro Series 2 Wire Antenna

Perbandingan data ke dua Xbee di peroleh dari Digi International manual. Xbee series 2 modul RF dirancang untuk beroperasi dalam protokol ZigBee dengan biaya yang murah dan jaringan sensor nirkabel menggunakan daya yang rendah. Modul ini membutuhkan daya yang rendah dan dapat melakukan pengiriman data yang handal antara perangkat dengan jarak yang jauh. Modul ini beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz.

Xbee series 2 ini mempunyai beberapa model antena, salah duanya adalah *chip antenna* dan *wire antenna*. Chip antenna merupakan suatu chip keramik yang terletak pada board modul Xbee, bentuknya lebih kecil. Chip antenna memiliki pola radiasi cardoid, yang artinya sinyal dilemahkan dalam berbagai arah dan sangat baik digunakan dalam area yang tidak terlalu besar atau kecil. Sedangkan wire antenna merupakan suatu antena kawat yang terletak pada board modul Xbee, wire antenna memiliki pola radiasi omnidirectional yang artinya jarak transmisi maksimum hampir sama pada semua arah ketika antena tersebut tegak lurus terhadap modul. Gambar 9 merupakan gambar dari modul Xbee series 2 chip antenna dan Gambar 10 merupakan gambar dari modul Xbee Pro series 2 wire antenna.



Gambar 9. XBee S2 dengan Chip Antenna



Gambar 10. Xbee Pro dengan Wire Antenna

Berikut adalah spesifikasi dari modul Xbee pro series 2 chip antenna (International, 2012):

- Jarak jangkauan indoor 133 ft atau 40 meter.
- Jarak jangkauan outdoor line of sight 400 ft atau 120 meter.
- Transmit power output 2 mW (+ 3 dbm).

- Radio Frekuensi data rate 250 Kbps.
- Frekuensi 2.4 GHz.
- Receiver sensitivity -98 dbm (1 % paket error rate).
- Antena menggunakan chip antenna.

Berikut adalah spesifikasi dari modul Xbee pro series 2 wire antenna (International, 2012):

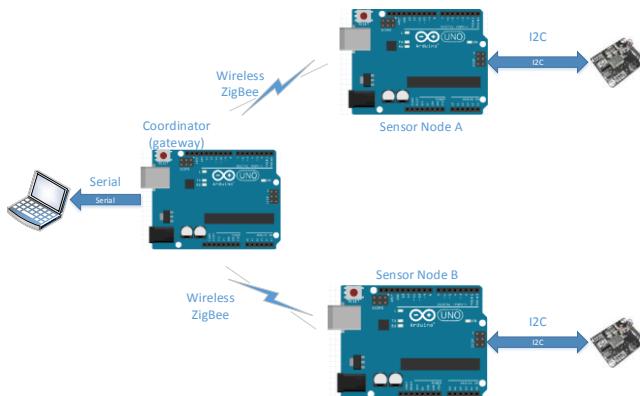
- Jarak jangkauan indoor 300 ft (90 meter) dan 200 ft (60 meter)
- Jarak jangkauan outdoor line of sight 2 miles atau 3200 meter dan 5000 ft atau 1500 meter (variant lainnya).
- Transmit power output 50 mW (+ 17 dbm).
- Radio Frekuensi data rate 250 Kbps.
- Frekuensi 2.4 GHz.
- Receiver sensitivity -102 dbm.
- Antena menggunakan wire antenna

## III. PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN

### A. Pembahasan awal penelitian

Fokus utama rancangan penelitian yang dilakukan pada awal agustus 2014 hingga maret 2015 adalah melakukan pengiriman data temperature suhu secara real time. Urutan proses pengiriman data temperature suhu secara real time dijelaskan sebagai berikut. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan sensor yang akan mengubah besaran fisik yaitu suhu atau temperature ke besaran elektrik. Selanjutnya output dari sensor tersebut akan ditransmisikan melalui jaringan nirkabel dengan standar ZigBee 802.15.4. Transmisi dilakukan dari endpoint menuju basepoint (gateway). Terdapat satu fitur sederhana untuk memberikan alarm jika waktu pemanasan telah tercapai atau suhu telah melampaui batas yang diinginkan (dengan asumsi suhu panas makanan di atas api tidak lebih 100 derajat).

Topologi jaringan nirkabel yang digunakan adalah topologi star, dimana setiap node berkomunikasi langsung dengan gateway. Data yang telah sampai di gateway akan diproses oleh sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan data. Alur proses pada sistem pengiriman data temperature suhu secara real time sebagaimana dijelaskan di atas ditunjukkan dalam Gambar 11. Bentuk topologi ini mengacau pada penelitian sebelumnya yang telah disebutkan pada bab teori 2.1.



Gambar 11. Topologi Jaringan

### B. Topologi Jaringan

Pada penelitian kali penulis menggunakan topologi jaringan yang telah dibahas pada bagian pembahasan awal penelitian. Detail topologi lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 11. Pada Gambar tersebut terdapat dua buah Sensor Node yaitu Sensor Node A dan Sensor Node B. Sensor Node berfungsi untuk mengambil data suhu dan mengirimkan ke Coordinator.

Bagian Coordinator berfungsi untuk menerima data dan menampilkan pada layar monitor melalui komunikasi serial.

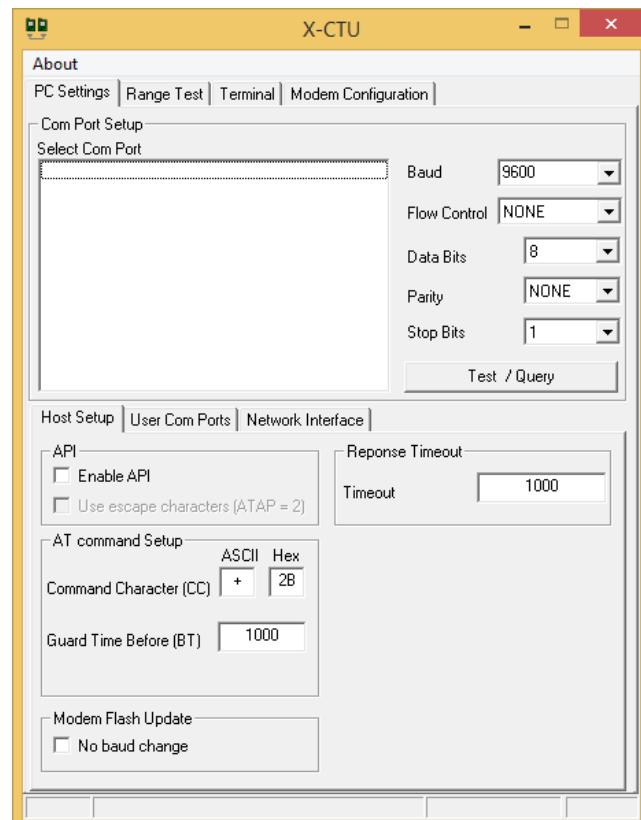
### C. Konfigurasi XBEE

XBee yang digunakan dalam penelitian ini adalah XBee series 2. XBee series 2 sebelum digunakan perlu dilakukan penyetelan. Hal ini bertujuan agar antar XBee series 2 dapat berkomunikasi.

Topologi jaringan tersebut memperlihatkan bahwa untuk berkomunikasi antara coordinator dan sensor node menggunakan komunikasi point to multipoint. Komunikasi agar dapat terbentuk maka perlu dilakukan pengaturan parameter yang terdapat di XBee. Parameter yang dimaksud adalah Personel Area Network (PAN ID). PAN ID harus diatur dalam satu jaringan yang sama.

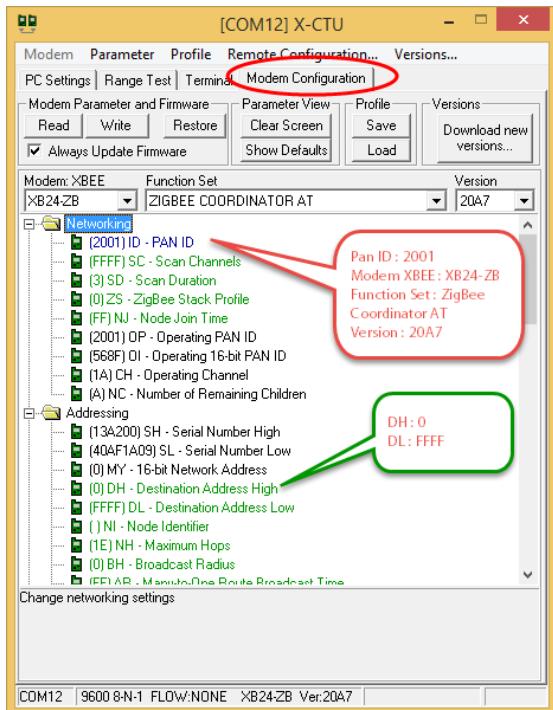
Selain mengatur PAN ID, maka perlu mengatur Destination Address High (DH) dan Destination Address Low (DL). Pada penelitian ini DH = 0 dan DL = FFFF. DL = FFFF mempunyai arti bahwa data akan dikirim secara broadcast sehingga node yang lain dalam PAN ID yang sama akan mendapat data tersebut.

Pengaturan beberapa parameter tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan program X-CTU buatan DIGI International, seperti terlihat pada Gambar 12.

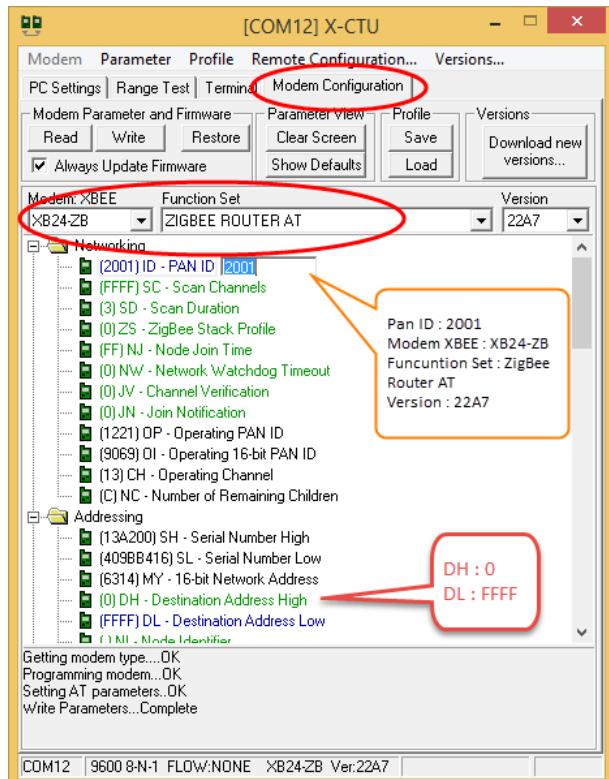


Gambar 12. X-CTU

Pada penelitian ini masing-masing *coordinator* dan *sensor node (Router)* di atur dengan PAN ID = 2001. Untuk PAN ID ini bebas dipilih untuk diisikan karena terdapat sekitar 65.536 macam PAN ID. Masing-masing pengaturan setting pada *coordinator* dan *router* dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Pengaturan Coordinator menggunakan X-CTU



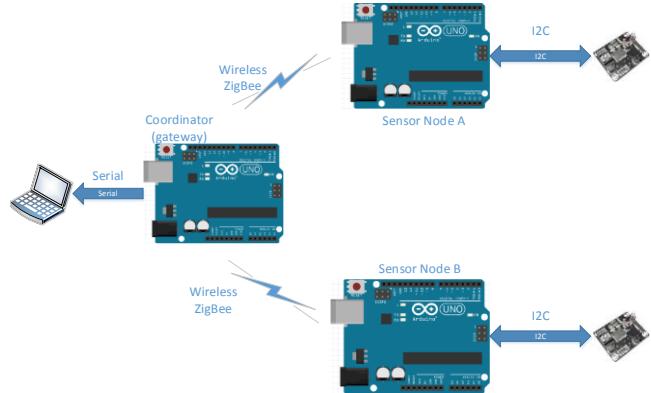
Gambar 14. Pengaturan Router menggunakan X-CTU

#### D. Komunikasi Ardunino dengan XBEE

Arduino dengan XBee sendiri menggunakan komunikasi serial yang menggunakan kecepatan

perpindahan data (*baud rate*) sebesar 9600 bit per second (bps). Kemudian data yang diterima oleh XBee di pancarkan dengan frekuensi 2,4 GHz.

#### E. Cara Kerja Sistem



Gambar 15. Cara Kerja Sistem dilihat dari Topologi

Dari Gambar 15, dapat dijelaskan bahwa komunikasi diatur oleh *Coordinator* sebagai gateway data untuk ditampilkan di layar monitor. Sistem yang digunakan berupa sistem *polling*. *Coordinator* akan mengatur pengiriman data. Pertama-tama *coordinator* akan mengirimkan permintaan data suhu ke *router A*. Setelah *router A* menerima data dan mengirimkan data kembali ke *coordinator*. Data yang terima akan dimunculkan ke layar monitor. Langkah berikutnya *coordinator* akan meminta pengiriman data suhu ke *router B*. Setelah *router B* menerima data dan mengirimkan data kembali ke *coordinator*. *Coordinator* akan menampilkan ke layar monitor. Setelah itu untuk permintaan berikutnya akan berselang satu detik.

#### IV. PENERAPAN DAN PENGUJIAN

Komunikasi untuk pengiriman data antara coordinator dan router agar aman maka data dikirim dalam frame. Pada awal penelitian format frame data yang digunakan sebagai berikut yaitu header, data dan tail. Header sebagai tanda dimulainya pengiriman, pada bagian data berisi informasi yang dikirimkan dan bagian tail adalah informasi sebagai tanda berakhirnya komunikasi. Format frame data dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Format Data Awal Penelitian

Simbol header dipilih yang unik yaitu karakter @@. Hal ini dikarenakan pada saat hanya dikirimkan satu @ satu kali, disisi penerima akan muncul data yang berbeda. Simbol \* untuk tanda berhenti. Sehingga baik coordinator maupun router apabila akan meminta maupun mengirimkan data akan di awali @@ DATA \*.

Model format data ini akan digunakan pada masing-masing coordinator maupun router. Frame data untuk *coordinator* yang dikirimkan ke masing-masing router A dan router B dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Frame data Coordinator ke Router A (Sensor Node A)



Gambar 18. Frame data Coordinator ke Router B (Sensor Node B)

“CAA” maupun “CBB” adalah data yang dikirimkan oleh coordinator untuk meminta data suhu dari masing-masing router. “CAA” berarti coordinator meminta data dari router A, demikian pula untuk “CBB”.

Format frame yang sama juga digunakan untuk pengiriman data dari *router* ke *coordinator*, masing-masing format dapat dilihat pada Gambar 19 dan Gambar 20.



Gambar 19. Frame data Router A ke Coordinator



Gambar 20. Frame data Router B ke Coordinator

Pada Gambar 19 dan Gambar 20, terlihat sedikit perbedaan pada bagian header simbol @ hanya satu kali dikirimkan. Hal ini karena menghemat untuk pengiriman pada frame data. “RA” berarti data dikirim dari router A, sedangkan “RB” berarti data dikirim dari router B.

Saat penelitian berlangsung dengan menggunakan format frame tersebut data yang diterima baik dari *coordinator* maupun *router* sangat tidak stabil. Maka dari itu format frame berubah seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. Frame Extended

Penambahan *extended frame* ini berguna menjaga kestabilan data. Format *extended frame* seperti pada Gambar 22. “x” merupakan nama dari *sensor node/router*. Jika x diisi A maka *extended header* untuk sensor node A, demikian pula jika x diisi dengan B.

Kemudian diakhiri dengan tanda “\*\*”. *Extended frame* ini hanya diperuntukkan untuk pengiriman data dari *coordinator* ke *router*, sedangkan pengiriman dari *router* ke *coordinator* tanpa menggunakan *extended frame*.

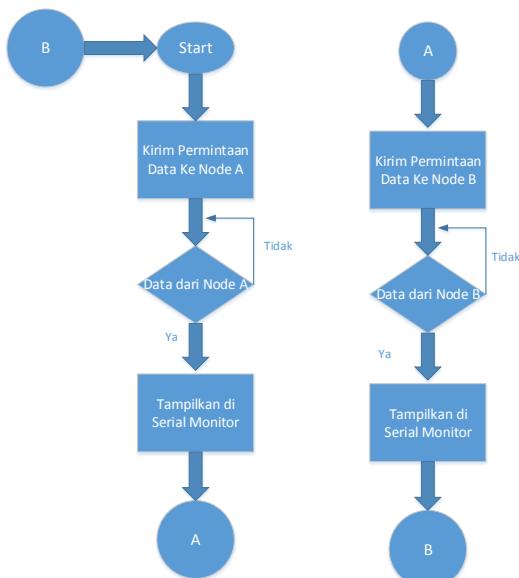


Gambar 22. Isi Extended Frame

Pengambilan data suhu yang dilakukan oleh *router* menggunakan komunikasi I2C. Dengan menghubungkan pin SDA serta SCL Arduino dan DT Sense temperature maka secara hardware komunikasi sudah bisa dilakukan. Untuk memulainya perlu dilakukan inisialisasi pada program dengan menambahkan library “i2c\_master” yang berasal dari digiware corp[8]. Untuk memulai melakukan pembacaan dengan perintah *i2c\_start* dan mengirimkan alamat 0xE0. Kemudian mengirimkan perintah *i2c\_write(0x00)*, setelah itu dikirimkan perintah *i2c\_stop()*. Untuk sensor dapat memproses permintaan maka perlu delay selama 100ms. Pengambilan data dilakukan dengan mengirimkan perintah *i2c\_start(0xE1)*, kemudian mengambil data temperature secara berurutan dengan menggunakan perintah *i2c\_read(0)* untuk mengambil data MSB dan *i2c\_read(1)* untuk mengambil data LSB. Hasil pembacaan data MSB disimpan di variable **tempMSB**, sedangkan hasil pembacaan data LSB disimpan di variable **tempLSB**. Setelah itu menggunakan perintah *i2c\_stop()* untuk mengakhiri permintaan data. Bagian terakhir adalah melakukan perhitungan nilai suhu yang telah didapatkan, dengan menggunakan rumus seperti (1).

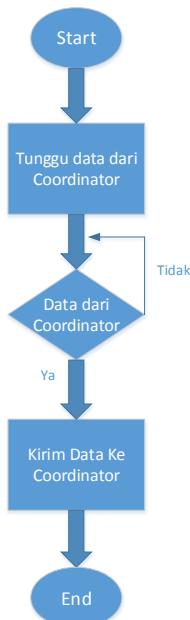
$$\text{Temperatur} = \frac{((\text{tempMsb} * 256 + \text{tempLsb}) - 400)}{10} \quad (1)$$

Seperti yang telah disampaikan bahwa pengiriman data diatur dari *coordinator*. Prosesnya dapat dilihat pada diagram alir Gambar 23. Permintaan data suhu diatur secara *polling* oleh *coordinator*.



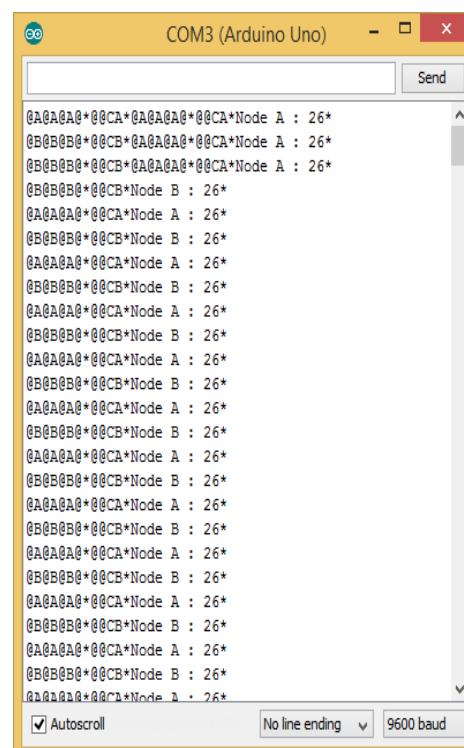
Gambar 23. Diagram Alir Coordinator

Sedangkan diagram alir untuk kedua sensor node atau router sama, seperti yang di Gambar 24.



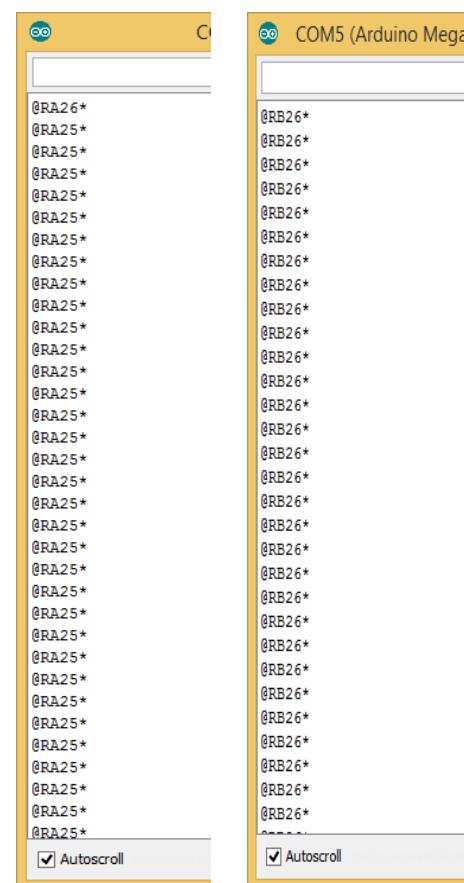
Gambar 24. Diagram Alir Router

Percobaan dilakukan dengan menerima permintaan data dari coordinator ke sensor node sebanyak seratus kali. Hasil percobaan didapatkan sebesar 97% data bisa diterima dengan lancar di sisi coordinator. Hasil data yang berhasil di capture dari router ke coordinator dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Data dari Router ke Coordinator

Hasil data dari dikirim dari *router A* dan *router B* yang bisa dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Data dari router A dan router B

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uji coba didapatkan bahwa keberhasilan penerimaan data di Coordinator sebesar 97% dari 100 kali pengiriman. Sedangkan keberhasilan penerimaan dari masing-masing Sensor Node sebesar 100% dari 100 kali permintaan.

Penggunaan protokol ZigBee telah berhasil digunakan untuk proses transmisi data dengan menggunakan frekuensi 2,4 GHz. Struktur Jaringan Sensor Nirkabel terdiri dari satu Coordinator dan dua buah Sensor Node.

Proses komunikasi dengan menggunakan bit streaming dengan menggunakan model polling dan mengirimkan perframe. Frame tersebut terdiri dari Extended Header, Header, Data dan Tail

## Acknowledgements

Penelitian ini dapat berlangsung atas dana hibah internal Universitas Ciputra.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- <http://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>. (2014).
- Banzi, M. (211). *Getting Started with Arduino*. USA: O'Reilly Media, Inc.
- Digiware store. (2014). Temperature & Humidity Sensor Manual. Surabaya, Jawa Timur, Indonesia.
- Dwivedi, A., & Vyas, O. (2010). Wireless Sensor Network: At Glance. Deoghat, Jhalwa, Allahabad.
- E, M. I., Sugiarto, B., & Sakti, I. (2009 November). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Teknologi Wireless Sensor Network (WSN). *Jurnal Informatika LIPI vol III*, III-90 - III-96.
- Faludi, R. (2011). *Building Wireless Network*. United States of America: O'Reilly Media, Inc.
- Fotue, D., Tanankou, G., & Engel, T. (2009 November). An ad-hoc Wireless Sensor Network with Application to Air Pollution Detection. (pp. 48-53). SNA.
- Jusak. (2013). Implementasi ZigBee IEEE 802.15.4 untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara. Surabaya: SNASTI.
- Ko, J., Lu, C., & M.B, S. (2010). Wireless Sensor Networks for Healthcare. *Proceedings of IEEE (Volume 98, Issue 11)* (pp. 1947-1960). USA: IEEE.
- McRoberts, M. (2010). *Beginning Arduino*. New York: Apress.