

Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN)

Iwan Muhammad E.
P2I – LIPI
iwan@informatika.lipi.go.id

Bambang Sugiarto
P2I – LIPI
bambang@informatika.lipi.go.id

Indra Sakti
P2I-LIPI
indra@informatika.lipi.go.id

Abstrak

Untuk mengetahui kualitas udara di suatu wilayah secara online maka perlu dibangun suatu sistem monitoring kualitas udara. Di sini akan dijelaskan suatu rancang bangun sistem monitoring kualitas udara menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN). Pada dasarnya suatu WSN terbentuk dari tiga komponen utama yaitu target, node sensor, dan base station. WSN merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa autonomous device yang di dalamnya terpasang sensor-sensor yang secara terpadu membaca kondisi fisik lingkungan. Setiap node sensor yang dipasang di berbagai tempat akan selalu mengirimkan data ke gateway. Dari gateway ini data ditransfer dan disimpan ke PC (Personal Computer). Selanjutnya data akan diproses hingga menjadi informasi yang dapat digunakan oleh user atau masyarakat umum. Sistem yang dibangun menggunakan komunikasi zigbee, terdiri atas satu buah node koordinator merangkap gateway, 4 node sensor sebagai end-device dan satu base station controller (BSC). Parameter udara yang diukur yaitu karbonmonoksida (CO), karbondioksida (CO₂), suhu dan kelembaban udara.

Kata kunci: base station controller, end-device, gateway, koordinator, kualitas udara, monitoring, wireless sensor network, zigbee

1. Pendahuluan

Untuk melakukan pengukuran tingkat pencemaran udara diperlukan data dan informasi baik dari pengukuran di lapangan maupun hasil analisis di laboratorium. Salah satu sistem kontrol dan monitoring yang saat ini sedang dikembangkan adalah *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN ini terdiri dari node yang bersifat individu yang dapat berinteraksi dengan lingkungannya dengan cara *sensing*, *controlling* dan *communication* terhadap parameter-parameter fisiknya.

Gambar 1 menunjukkan gambaran umum dari kompleksitas WSN yang secara umum terdiri atas node sensor, gateway, dan base station.

Setiap node dalam WSN terdiri dari lima komponen yaitu : controller, memori, sensor/aktuator, perangkat komunikasi dan catu daya.

Umumnya catu daya yang digunakan adalah baterai. Komponen-komponen dari sebuah node ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.

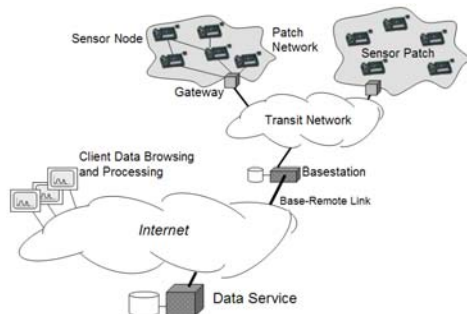
2. Prosedur dan metoda

2.1 Penentuan arsitektur sistem

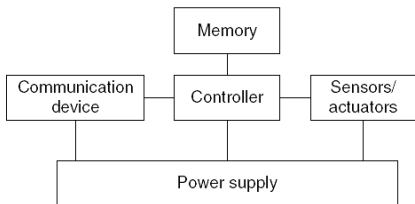
Ada beberapa komponen yang harus dipenuhi dalam suatu sistem monitoring yang bersifat *remote*, yaitu: *remote terminal unit*, sensor, *master station*, komunikasi data, visualisasi data, dan penyimpanan data. Beberapa kriteria dapat juga ditambahkan antara lain kemudahan dalam pengembangan sistem, biaya operasional dan perawatan sistem.

Untuk memenuhi komponen dan kriteria tersebut di atas, kami merancang sebuah arsitektur sistem monitoring untuk diterapkan pada monitoring kualitas udara ambien. Di sini kami mencoba menunjukkan

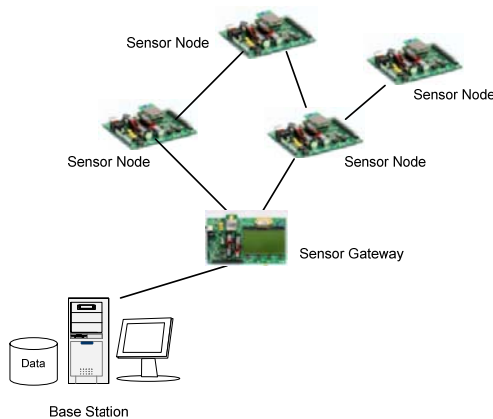
suatu arsitektur yang menggambarkan secara fungsi komponen-komponen dan keterikatan antar komponen. Seperti ditunjukkan pada gambar 3, yaitu arsitektur sistem monitoring menggunakan WSN tersebut.



Gambar 1. Arsitektur WSN [1]



Gambar 2. Komponen-komponen penyusun node dalam WSN



Gambar 3. Arsitektur sistem untuk monitoring kualitas udara

Dari gambar 3 menjelaskan bahwa sistem monitoring ini dibangun dengan sebuah node sensor yang juga berfungsi sebagai gateway dan empat buah node sensor. Masing-masing node memonitor kondisi udara disekitarnya. Hasil monitoring ini dikirimkan ke base station controller melalui gateway. Apabila posisi node sensor cukup

jauh dari gateway, maka node ini memerlukan bantuan node terdekatnya untuk meneruskan data yang akan dikirimkan ke gateway. Jadi node yang berada di tengah arsitektur ini dapat difungsikan juga sebagai repeater. Arsitektur ini memungkinkan tiap node diprogram sesuai dengan fungsinya dalam sistem keseluruhan.

Pengukuran kualitas udara dikerjakan oleh komponen pada aras terbawah, yaitu node sensor. Beberapa node dipasang secara menyebar dan membentuk suatu path (jalur). Setiap node sensor mempunyai kemampuan mengakusisi data, perhitungan dan komunikasi dalam jaringan. Node ini mengirimkan data melalui suatu path hingga mencapai gateway. Dalam hal ini gateway berfungsi seperti datalogger.

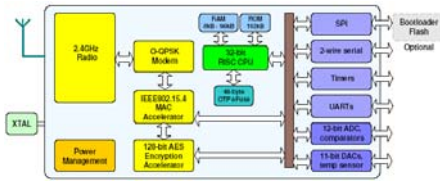
Tiap node sensor harus diprogram sehingga ia mempunyai kemampuan fungsi komputasi, penyimpanan data dan komunikasi dua arah dengan node lainnya di dalam sistem. Berkemampuan melakukan antarmuka dengan sensor-sensor. Dibandingkan dengan sistem data logging konvensional, sistem berbasis WSN ini memiliki dua kelebihan, yaitu kemudahan dalam mengganti tugas (fungsi) dari node dan kemudahan komunikasi dalam sistem.

2.2 Penentuan node sensor dan gateway

Dalam perancangan ini digunakan mikrokontroler JN5139 sebagai pengendali pada node sensor. JN5139 adalah mikrokontroler berdaya rendah dan sudah dipadukan dengan aplikasi IEEE802.15.4 dan ZigBee, sehingga dikenal sebagai mikrokontroler nirkabel. Piranti ini sudah terintegrasi dengan sebuah prosesor RISC 32-bit, *transceiver* 2,4 GHz IEEE802.15.4, ROM sebesar 192 kB, RAM 96 kB, dan periferal analog dan digital. Diagram kotak mikrokontroler nirkabel JN513x diperlihatkan dalam gambar 4 di bawah ini.

Node sensor (*board* sensor) merupakan sebuah *board* yang bertugas sebagai node pada sistem WSN. Di dalam suatu *board* sensor terdapat lima komponen utama yaitu:

kontroler, memori, sensor/aktuator, perangkat komunikasi dan catudaya.



Gambar 4. Diagram kotak mikrokontroler nirkabel JN513X [3]

Kontroler berfungsi memproses semua data yang relevan dan berkemampuan untuk mengeksekusi kode-kode program. Memori digunakan untuk menyimpan program dan data *intermediate* yang nantinya akan dikirimkan ke *controller board*. Sensor dan aktuator merupakan antarmuka terhadap parameter-parameter fisik lingkungan. Perangkat komunikasi digunakan sebagai peralatan jaringan untuk mengirimkan dan menerima informasi melalui kanal nirkabel. Catudaya sebagai penyimpan energi untuk mengaktifkan semua komponen dalam *board*.

Pada mikrokontroler JN5139, sebagai antar-muka antara sensor dan CPU digunakan ADC 12-bit berjumlah empat buah. Rentang nilai masukan yang diijinkan pada mikrokontroler JN5130 adalah tegangan 0-2,3 volt sesuai dengan kemampuan ADC.

Gambar 5 memperlihatkan contoh modul node sensor dari Jennic. *Controller board* dibangun dari microcontroller JN5139. Catudaya modul sensor ini dapat dipilih 2 buah baterai 1,5 volt tipe AAA atau menggunakan adaptor.



Gambar 5. Modul node sensor dari Jennic

Pada intinya node *gateway (board coordinator)* merupakan sebuah *board*

sensor, tetapi sebagai tambahan dilengkapi dengan layar LCD 128x64 piksel untuk menampilkan data-data yang dianggap penting. Selain *board* ini memonitoring lingkungan sekitar melalui sensor-sensornya. *Board* ini juga berfungsi mengendalikan jaringan dan data yang masuk dari node sensor lainnya. *Board* ini mempunyai *port* UART untuk pemakaian komunikasi serial ke komputer (*base station*).

2.5 Sensor kualitas udara

Sensor CO ini menggunakan sel *solid state* untuk mengkompensasi suhu sehingga dihasilkan ketepatan pengukuran, kestabilan dan sensitifitas. Sensor CO dicatudaya dengan tegangan 24 V AC/DC. Dari pembuatnya sensor ini sudah terkalibrasi dan disediakan 3 pilihan sinyal keluaran yaitu 0-5V atau 0-10V dan 4-20mA. Sensor ini juga menyediakan 3 jangkauan pengukuran yaitu 0-100 ppm, 0-200 ppm dan 0-400 ppm.



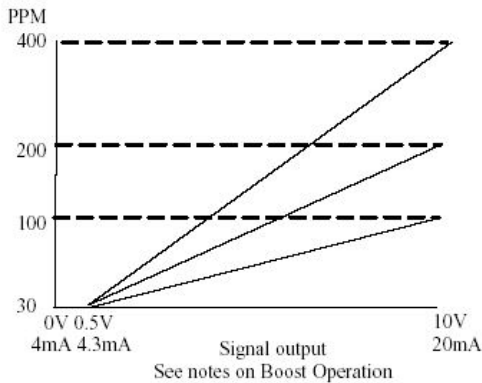
Gambar 6. Sensor CO [6]

Dengan spesifikasi tersebut di atas, maka diperlukan antarmuka atau pengkondisi sinyal, agar keluaran sensor ini dapat diterima oleh sensor board. Masukan yang diijinkan oleh ADC dari sensor board adalah tegangan 0-2,3 volt DC.

Keluaran sensor CO dapat dipilih dalam 3 mode yaitu arus 4-20 mA, tegangan 0-5 V dan tegangan 0-10 V. Keluaran ini memiliki offset nol sama dengan 30 ppm yaitu konversi dari mulainya dasar sinyal (*signal base*) yaitu 0,5 V dan 4,3 mA (lihat gambar 7).

Sensor CO₂ yang akan digunakan adalah TPDS/EE85 produksi Titans, ditunjukkan pada gambar 8 Sensor ini mengukur CO₂ berdasarkan prinsip *infrared* dan sensor ini menggabungkan proses auto kalibrasi yang

menjamin kestabilan dan kehandalan. Sensor ini mampu mengukur kadar CO₂ hingga 2000 ppm dengan sinyal keluaran 0-10V.



Gambar 7. Grafik keluaran sensor CO vs ppm[6]



Gambar 8. Sensor CO₂[7]

Seperti halnya pada sensor CO, keluaran sensor CO₂ juga memerlukan antarmuka untuk mengkondisi sinyal keluarannya menjadi tegangan 0-2,3 volt DC.

Fitur sensor CO₂ :

- Catudaya 24 V AC/DC
- Dual source infra red technology
- Output 0-10 V
- Range pengukuran CO₂ : 0-2000 ppm

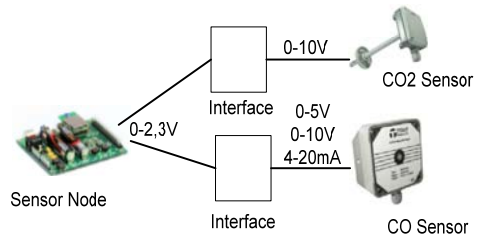
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Antarmuka sensor dengan board

Beberapa masalah yang dianggap penting adalah perbedaan keluaran dari sensor-sensor kualitas udara (sensor CO dan CO₂) dengan masukan yang diijinkan oleh ADC dari sensor board/sensor node.

Tentunya diperlukan antarmuka apabila menggunakan tambahan sensor lain, agar sinyal yang dihasilkan sensor tersebut dapat diterima oleh node. Beberapa sensor lainnya

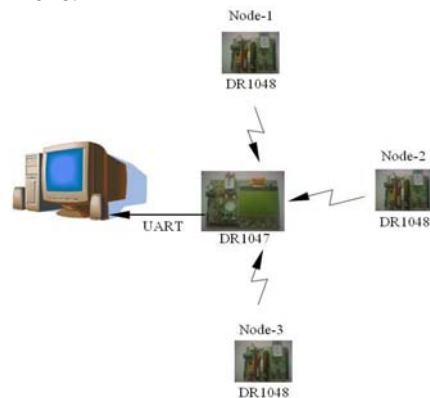
adalah sensor CO dan CO₂. Gambar 9 memperlihatkan perlunya antarmuka antara node dengan sensor eksternal. Dalam hal ini antarmuka dapat dibuat dari untai pembagi tegangan menggunakan resistor.



Gambar 9. Antarmuka sensor dengan node sensor

3.2 Pembentukan jaringan star

Setelah mempelajari beberapa arsitektur dan topologi jaringan, maka ditentukan menggunakan topologi jaringan *star*, dimana untuk mengimplementasikannya digunakan board DR1047 sebagai *Coordinator* dan untuk node *End-Device* digunakan board DR1048.



Gambar 10. Konfigurasi perancangan untuk pembentukan topologi jaringan star

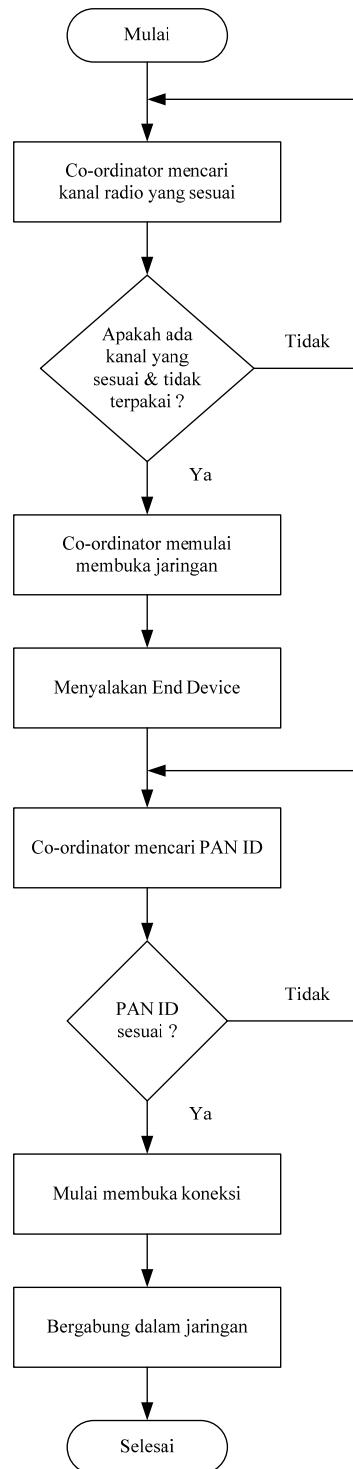
Pada perancangan ini, untuk membentuk jaringan topologi *star*, digunakan satu buah board DR1047 sebagai *Coordinator* dan empat buah board DR1048 sebagai *End-Device*. Konfigurasi umum dari perancangan dapat dilihat pada gambar 10, terlihat bahwa setiap node *End-Device* (Node-1, Node-2, Node-3 dan Node-4) terhubung dengan *Coordinator*. Setiap *End-Device*

mengirimkan data hasil monitoring sensor kepada *Coordinator* sehingga dalam hal ini selain bertugas sebagai koordinator jaringan. *Coordinator* juga bertugas sebagai gateway yaitu mengumpulkan data-data yang dikirimkan oleh *End-Device* dan mengirimkannya ke sebuah PC melalui port UART. Dengan demikian data-data hasil monitoring dapat dilihat oleh user dengan melalui tampilan di PC.

Setelah ditentukan *Coordinator* dan *End-device*, selanjutnya adalah pemrograman untuk membentuk suatu jaringan. Adapun algoritma pemrogramannya dapat dilihat pada diagram alir berikut pada gambar 11.

Untuk memulai membentuk sebuah jaringan, *Coordinator* bertugas untuk memulai jaringan dan akan mencari kanal radio yang sesuai. Setelah memilih kanal, *Coordinator* memulai jaringan dengan mengidentifikasi jaringan dengan *Personal Area Network Identifier* (PAN ID) dan siap merespon permintaan dari node lain untuk bergabung. Sedangkan *End-Device* ataupun *Router* dapat bergabung dengan jaringan yang telah terbentuk oleh *Coordinator* tadi dengan terlebih dahulu mencari kanal yang disediakan dan mengirimkan pesan ke *Coordinator* untuk bergabung dengan jaringan. Setelah *Coordinator* mengijinkan *Router* atau *End-Device* untuk bergabung terjadilah pengiriman data.

Pada jaringan Zigbee, setiap node harus mempunyai identifikasi yang unik. Identifikasi ini terdiri dari dua alamat yaitu *IEEE (MAC) Address* dan *Network Address*. *IEEE (MAC) Address* terdiri atas 64 bit alamat yang unik dan telah dialokasikan oleh *IEEE*. Tidak ada dua perangkat yang sama di dunia yang mempunyai *IEEE address* yang sama. Pada jaringan ZigBee, alamat ini juga biasa disebut *extended address*. *Network Address* terdiri atas 16 bit alamat yang mengidentifikasi suatu node pada jaringan. *Network Address* dialokasikan oleh *Coordinator* ketika suatu node bergabung dalam suatu jaringan.



Gambar 11. Diagram alir algoritma membentuk jaringan

Agar topologi *star* ini dapat berfungsi dengan baik untuk mengirimkan data hasil monitoring, maka data yang akan dikirimkan oleh node *End-Device* disimulasikan dengan data berikut : Node-1 mengirimkan data temperatur, Node-2 mengirimkan data *humidity* dan Node-3 mengirimkan tegangan baterai pada board. Secara perangkat kerasnya, setiap board DR1048 sudah mempunyai sensor-sensor seperti suhu, *humidity* dan *light level* sehingga board ini biasa disebut dengan *sensor board*. Sedangkan untuk monitoring catu daya baterai digunakan peripheral *Analog to Digital Converter* (ADC).

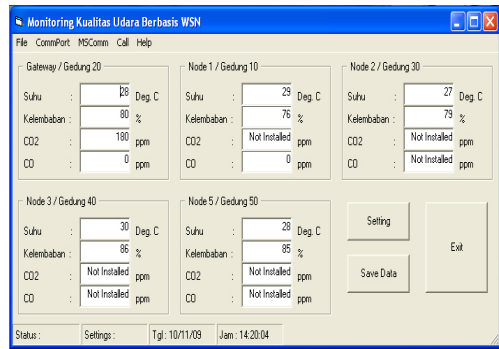
3.3 Pemrograman board

Agar bekerja sesuai fungsinya, masing-masing node diprogram sendiri-sendiri. Disini ada dua program yaitu koordinator dan *end-device*. Program dibuat menggunakan Code::Blocks, yaitu IDE sumber bebas dalam bahasa pemrograman C/C++. Masing-masing program dikompilasi sehingga dihasilkan suatu file biner yang akan didownload ke EEPROM di board target.

3.4 Base Station Controller

Base Station Controller (BSC) berfungsi mengambil data hasil pengukuran dari *gateway*. BSC dibangun dari sebuah komputer yang memiliki port USB. Agar dapat menjalankan fungsinya sebagai pengambil data, penampil data (*data visualitation*) dan perekam data, maka komputer ini dilengkapi dengan suatu perangkat lunak (program) spesifik. Program ini dibuat menggunakan visual basic, dan sarana penyimpanan data menggunakan Ms access.

Gambar 12 di bawah ini menunjukkan tampilan utama dari program visualisasi data. Program ini berfungsi sebagai HMI (Human Machine Interface), dibuat menggunakan Visual basic.



Gambar 12. Tampilan visualisasi data di BSC

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari kegiatan penelitian ini sebagai berikut :

1. Teknologi *Wireless Sensor Network* dapat digunakan untuk mengimplementasikan suatu sistem monitoring kualitas udara.
2. Sistem monitoring yang dapat direalisasikan pada kegiatan ini terdiri atas satu node *gateway*, 4 node sensor, dan satu *Base Station Controller*.
3. Parameter udara yang dapat diukur dari sistem ini adalah kadar CO [ppm], CO₂ [ppm], suhu [°Celsius] dan kelembaban udara relatif [%].
4. Penguasaan dan alih teknologi WSN harus dilakukan secara kontinyu, memerlukan waktu yang cukup lama dan tidak hanya sebatas umur kegiatan penelitian.

Saran yang dapat kami sampaikan untuk perbaikan hasil penelitian ini adalah :

1. Perlunya penambahan sensor SO_x, NO_x, Ozone, PM10 agar sesuai dengan ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara).
2. Perlu dikembangkan algoritma yang dapat menghemat penggunaan catudaya (baterai dan aki).
3. *Base Station Controller* dapat dikembangkan agar data hasil pengukuran kualitas udara dapat didistribusikan dan dimanfaatkan oleh instansi terkait.

5. Daftar pustaka

- [1] Raghavendra C.S., Krisna M. Sivalingam, Taieb Znati, *Wireless Sensor Network*, Springer Science+Business Media LLC, New York, 2006.
- [2] Karl, Holger and Andreas Willig, *Protocols and Arsitectures for Wireless Sensor Networks*, John Wiley and Sons Ltd, West Sussex, 2005.
- [3] Jennic, *Product Brief JN5139, IEEE802.15.4 and ZigBee Wireless Microcontrollers*, http://www.jennic.com/files/product_briefs/JN5139_PB_V1.23.2.pdf, diakses pada Juni 2009.
- [4] Iwan Muh. Erwin, Bambang Sugiarto, Indra Sakti, *Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Teknologi Wireless Sensor Network*, “prosiding seminar nasional Riset Teknologi Informasi 2009”, STMIK AKAKOM, Yogyakarta, 2009.
- [5] Jennic, *Integrated Peripheral API, Reference Manual*, http://www.jennic.com/support/support_files/jn-rm-2001_integrated_peripheralapi, diakses Juni 2009.
- [6] Titans Products Ltd, *Carbon Monoxide Sensor: TPCO/WM and TPCO/DS*, <http://www.titanproducts.com/download/datasheets/145.pdf>, diakses Juni 2009.
- [7] Titans Product Ltd, *Carbon Dioxide Sensor TPDS/E85-2C35 Duct Mounted Sensor*, <http://www.titanproducts.com/download/datasheets/102.pdf>, diakses Juni 2009.