

## Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Xbee Studi Kasus Pemantauan Suhu dan Kelembaban

Lutfi Ardiyanto<sup>\*1</sup>, Raden Sumiharto<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Prodi. Elins. Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika FMIPA UGM

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: <sup>\*1</sup>[lutfi.ardiyanto@mail.ugm.ac.id](mailto:lutfi.ardiyanto@mail.ugm.ac.id), <sup>2</sup>[r\\_sumiharto@mail.ugm.ac.id](mailto:r_sumiharto@mail.ugm.ac.id)

### Abstrak

Seiring dengan kemajuan dalam bidang teknologi Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) yang dihubungkan dengan PC (Personal Computer) dan aplikasi web, maka dimungkinkan membuat suatu sistem pemantauan dengan besaran fisika yang diukur berupa suhu udara dan kelembaban udara. Tujuannya adalah membangun dan mengimplementasikan suatu sistem JSN untuk mengukur, mengirim, dan mengumpulkan data-data berupa informasi nilai suhu dan kelembaban. Data kemudian disimpan pada sistem basis data dan ditampilkan dalam bentuk aplikasi web.

Pada penelitian ini digunakan 2 buah node sensor dan 1 buah sink. Setiap node terdiri dari sensor, RTC, dan mikrokontroler AVR seri ATmega328. Modul Xbee ZB digunakan sebagai pengirim dan penerima data. Node pertama mengirimkan data ketika nilai detik RTC bernilai genap dan node kedua mengirim data ketika detik bernilai ganjil. Modus broadcast digunakan dalam pengalamatan xbee. Pada base station data pengukuran ditampilkan, kemudian disimpan pada basis data dan ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan bahasa javascript dan PHP. Sensor NTC, dan LM35DZ digunakan sebagai sensor suhu dan HS1101 sebagai sensor kelembaban. Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengiriman data dengan jarak 100 m oleh 2 buah node sensor dapat dilakukan dengan baik dengan frekuensi pengiriman data 1 kali setiap 2 detik pada masing-masing node.

**Kata kunci**—JSN, Xbee ZB, Modus broadcast, ATmega328

### Abstract

Along with advances in the field of Wireless Sensor Network technology (WSN) that is connected to a PC (Personal Computer) and web applications, it is possible to make a monitoring system with the measured physical quantities such as air temperature and humidity. The goal is to develop and implement a JSN system for measuring, send and collect data such as temperature and humidity value information and then the data is stored in the system database and display in a web application.

This study used two pieces of sensor nodes and 1 sink. Each node consists of a sensor, RTC, and ATmega328 AVR microcontroller series. ZB Xbee module is used as the sender and receiver of data. The first node sends the data when the value of the RTC seconds is even and then the second node sends data when the seconds value is odd. At the base station measurement data is displayed, and then stored in the database and displayed in graphical form using javascript and PHP language. NTC sensor, and LM35DZ used as a temperature sensor and a humidity sensor HS1101. From the study that has been done, it can be concluded that the data transmission with a distance of 100 m by 2 pieces of sensor nodes can be done either by sending the data as much as once every 2 seconds on each node.

**Keywords**—WSN, Xbee ZB, Broadcast mode, ATmega328

## 1. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini, perkembangan teknologi memungkinkan layanan komunikasi jarak jauh tanpa menggunakan kabel yang disebut dengan teknologi nirkabel. Teknologi nirkabel dewasa ini telah merambah ke segala aspek kehidupan manusia dari bidang industri hingga ke rumah tangga. Salah satu teknologi nirkabel yang sedang populer adalah jaringan sensor nirkabel (JSN). Jaringan sensor nirkabel adalah teknologi nirkabel yang terdiri dari kumpulan *node* sensor yang tersebar di suatu area tertentu. Tiap *node* sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan dapat berkomunikasi dengan *node* sensor lainnya. Dengan adanya JSN, dapat dibuat sistem untuk melakukan pengukuran suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan aliran, ketinggian cairan dan sebagainya. Pengukuran dilakukan oleh *node* sensor, kemudian *node* sensor mengirimkan informasi ke *base-station* untuk diolah kembali.

Potensi jaringan sensor nirkabel dalam bidang pertanian contohnya adalah curah hujan. Pertanian yang besar dapat mencakup beberapa mil persegi, dan pada lahan seluas tersebut mungkin menerima hujan secara sporadis dan hanya beberapa lahan saja yang menerima air hujan. Proses irigasi sangatlah mahal, sehingga sangat penting untuk mengetahui bidang yang telah menerima hujan. Sehingga proses irigasi secara sporadis dapat dilakukan dan bidang yang belum terkena hujan harus diirigasi sedangkan yang sudah terkena hujan tidak perlu dilakukan proses irigasi. Aplikasi ini sangat ideal untuk jaringan sensor nirkabel. Jumlah data yang dikirim melalui jaringan bisa sangat rendah (serendah 1 bit yaitu 'iya atau tidak' atau '1 atau 0') sebagai tanggapan permintaan apakah hujan atau tidak [1].

Sebuah JSN dapat terdiri dari 2 buah *node*, yaitu *node client* dan *node server*. Setiap *node* mampu mengirimkan data ke *node* lainnya, secara *single-hop* atau sekali pengiriman. Sistem menggunakan transmisi data *unicast* dan menggunakan 2 buah *node* untuk saling mengirimkan data. Selain itu *node server* dan *node client* terhubung dengan PC dan keduanya berfungsi sebagai *sensing device* atau *node sensor* [2]. Pada penelitian yang lain digunakan empat *node*, yang saling terhubung dengan koneksi *multi-hop* nirkabel. Masing-masing *node* dapat melakukan pengukuran suhu dengan data yang dapat dikirimkan ke PC yang terhubung dengan *node master*. Data pengukuran yang didapat dari *node master* dapat langsung ditampilkan pada PC. Sementara data pengukuran suhu yang didapat dari *node-node slave*, harus dikirimkan ke *node master* untuk kemudian ditampilkan di PC. Dalam hal ini, pengiriman dilakukan satu kali (*single hop*) pada *node slave1*, dan dilakukan dua kali (*multi hop*) pada *node slave2* dan *node slave3* [3].

## 2. METODE PENELITIAN

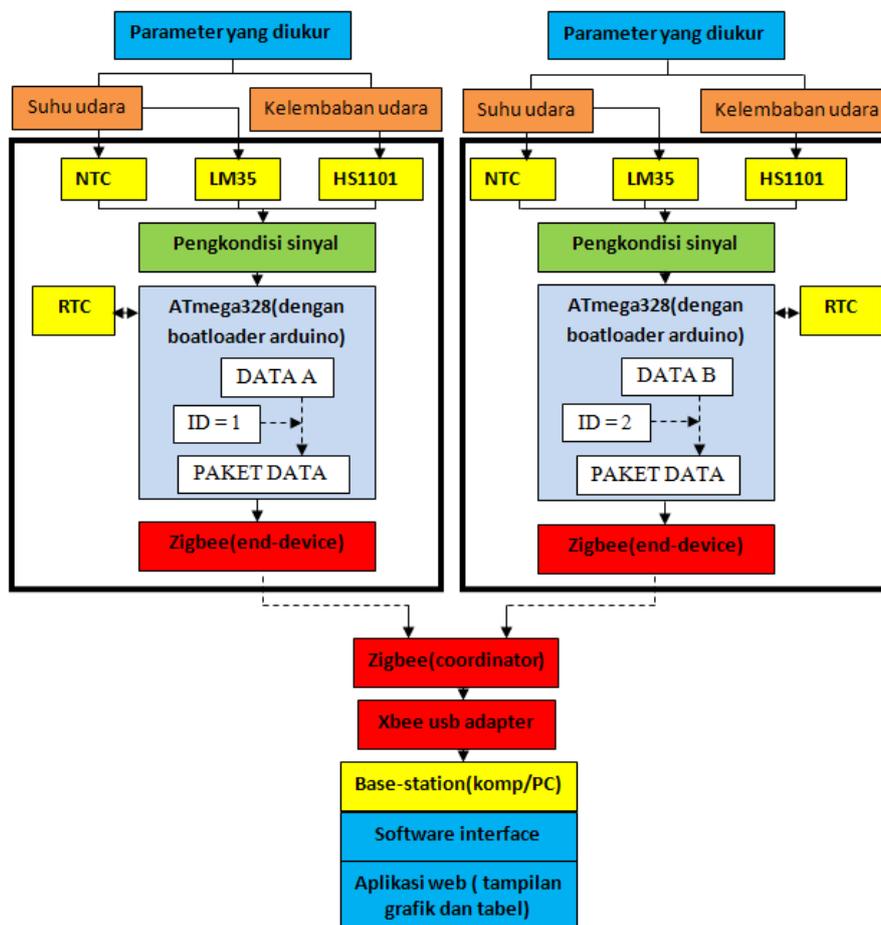
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah studi pustaka, konsultasi, perancangan sistem, dan implementasi sistem. Studi pustaka dilakukan dengan cara mencari dan mengumpulkan data dari media cetak maupun elektronik sebagai referensi. Konsultasi dilakukan dengan cara tanya jawab dengan dosen pembimbing serta orang-orang yang memiliki wawasan tentang permasalahan pada penelitian ini. Perancangan sistem dilakukan berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan untuk perangkat keras maupun lunak. Pada implementasi sistem dilakukan realisasi perancangan perangkat keras maupun lunak.

### 2.1. Perancangan Sistem

Proses kerja dari sistem yang dibuat yaitu setiap *node* sensor melakukan pengukuran data suhu udara, dan kelembaban udara dari sensor ke rangkaian pengkondisi sinyal. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pengendalian oleh mikrokontroler. Data-data sensor yang dibaca oleh mikrokontroler diolah sedemikian rupa dan bersama data-data lain termasuk data pembacaan tanggal dan waktu dari perangkat *real time clock* (RTC) kemudian dikirim melalui perangkat pemancar zigbee. Pengiriman data pada setiap *node* didasarkan pada nilai waktu detik RTC masing-masing *node* sensor. Sebelumnya kedua RTC pada kedua *node* diatur sedemikian rupa

sehingga menghasilkan nilai tanggal dan waktu yang sama. Setelah itu *node* sensor 1 akan mengirim data ketika nilai detik bernilai genap, sedangkan *node* sensor 2 mengirimkan data ketika nilai detik bernilai ganjil. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya tabrakan pengiriman data yang dilakukan oleh kedua *node*.

Setiap *node* memiliki format paket data pengiriman yang sama. Sebagai pembeda pada paket data yang berasal dari *node* 1 dengan data yang berasal dari *node* 2, pada paket data tersebut disisipkan *identifier* atau ID yang bernilai 1 untuk *node* sensor 1 dan bernilai 2 untuk *node* sensor 2. Tujuan dari ID ini adalah untuk memudahkan proses penyimpanan data ke sistem basis data yang dilakukan oleh *base station*. Paket data yang dikirim oleh *node* sensor 1 akan disimpan pada tabel *database* yang berbeda dengan paket data yang dikirim oleh *node* sensor 2. Proses pembacaan dan penyimpanan data dilakukan oleh komputer *server* dan hasil pengumpulan data tersebut dengan menggunakan aplikasi web dapat diakses oleh komputer *client* yang terhubung dengan *server* misalkan melalui LAN.

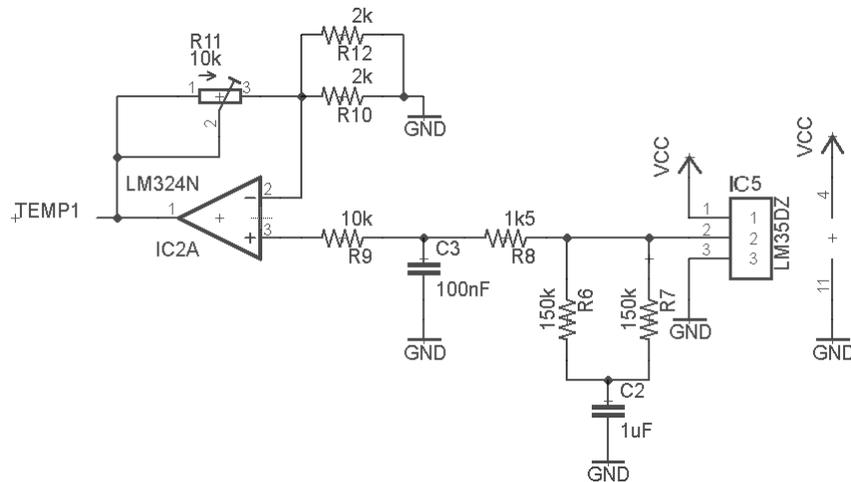


Gambar 1. Skema sistem yang dibuat

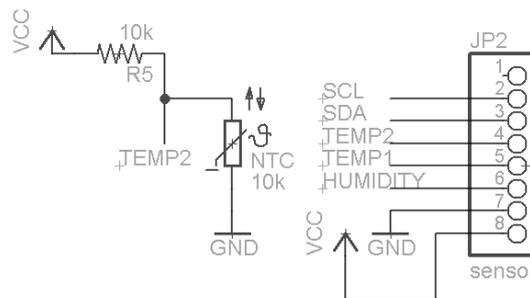
### 2.1.1. Perancangan perangkat keras

Perancangan sub-sistem sensor dan rtc terdiri dari rangkaian sensor LM35, rangkaian sensor NTC, rangkaian sensor HS1101, dan rangkaian *real time clock* (DS1307). Skema rangkaian Gambar 2 dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Eagle versi 5.6.0. Gambar 2 merupakan rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor LM35DZ. Dua buah resistor 150 k $\Omega$  yang diparalel membentuk resistor 75 k $\Omega$  diseri dengan kapasitor 1  $\mu$ F menghasilkan rangkaian RC-seri. Rangkaian RC-seri ini merupakan rekomendasi dari pabrik pembuat LM35DZ. Fungsi dari peredam RC-seri ini adalah untuk meningkatkan toleransi kapasitansi dari beban atau *load*. Sedangkan resistor 1,5 k $\Omega$  dan kapasitor 100 nF membentuk rangkaian *passive low-pass filter*

dengan frekuensi 1 kHz. Tegangan keluaran filter kemudian diumpankan ke penguat tegangan tak membalik dengan faktor penguatan yang dapat diatur menggunakan resistor variabel. Pada rangkaian ini digunakan op-amp seri LM324N sebagai penguat tegangan. Pin LM324 yang digunakan yaitu pin 1 sebagai keluaran op-amp, pin 2 sebagai masukan membalik, dan pin 3 sebagai masukan tak membalik. Selain itu pin 4 pada IC LM324 dihubungkan dengan tegangan 5 V dari catu daya dan pin 11 dihubungkan dengan *ground* dari catu daya. Resistor variabel yang digunakan adalah jenis multiturun dengan nilai 10 kΩ.

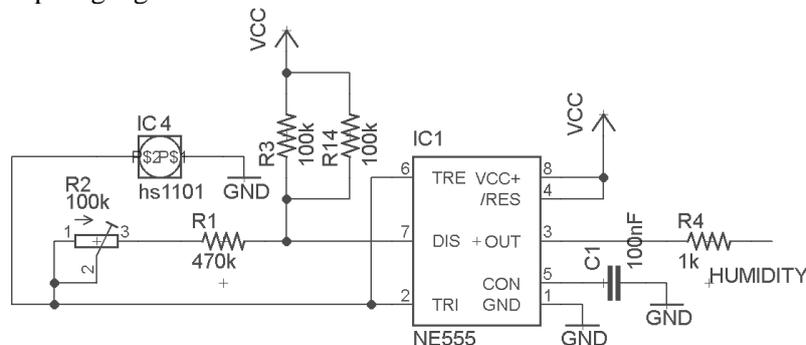


Gambar 2. Rangkaian LM35



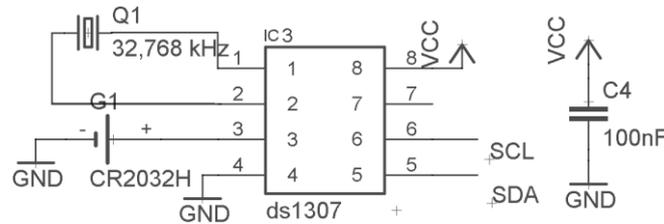
Gambar 3. Rangkaian NTC

Gambar 3 merupakan rangkaian pengkondisi sinyal untuk NTC. Rangkaian pengkondisi sinyal NTC terdiri dari rangkaian pembagi tegangan. Sebuah resistor dengan nilai 10 kΩ salah satu kakinya dihubungkan dengan pin 1 pada JP1 atau keluaran dari NTC dan ke keluaran sensor atau TEMP2. Sedangkan kaki yang lain dihubungkan dengan tegangan vcc atau 5 V dari catu daya. Pin 2 dari NTC dihubungkan dengan *ground* dari catu daya. Sehingga keluaran sensor akan berupa tegangan.



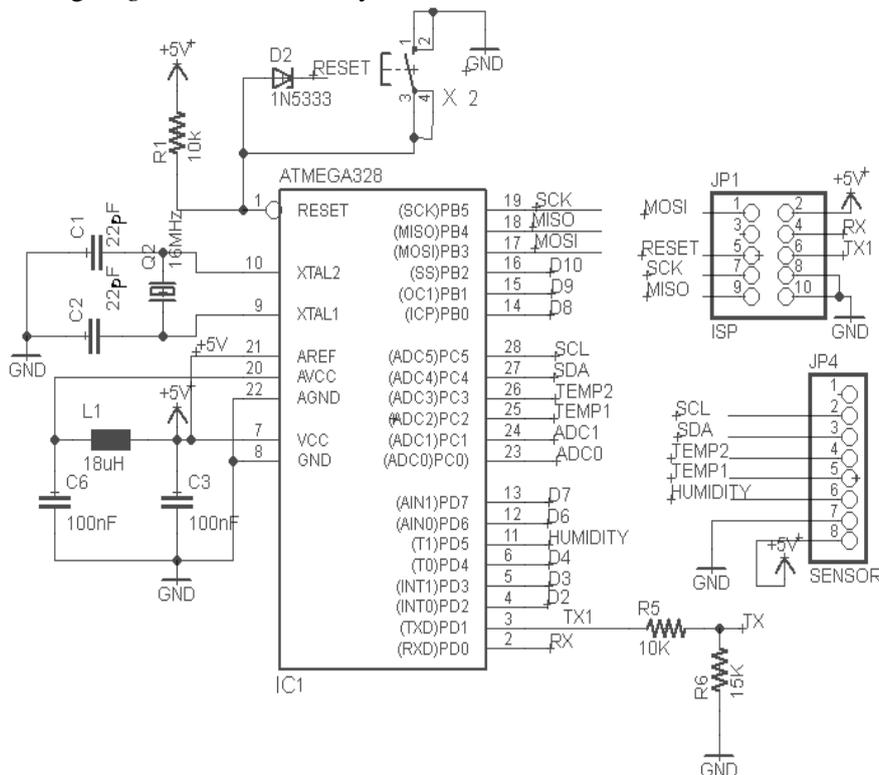
Gambar 4. Rangkaian HS1101

Gambar 4 merupakan rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor HS1101. Pin keluaran sensor HS1101 yang berfungsi sebagai kapasitor variabel terhubung ke pin TRIG dan TRESH pada IC NE555 yang didesain sebagai *astable multivibrator*. Sebuah resistor R1 bernilai 470 kΩ dan 2 buah resistor R3 dan R14 bernilai 100 kΩ yang diparalel menghasilkan resistor bernilai 50 kΩ digunakan untuk menentukan siklus kerja rangkaian. Keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal tersebut akan berupa gelombang kotak dan ketika waktu sinyal *high* atau tinggi dan waktu sinyal *low* atau rendah ditentukan oleh nilai R1, R3, R14, dan resistor variabel.



Gambar 5. Rangkaian DS1307

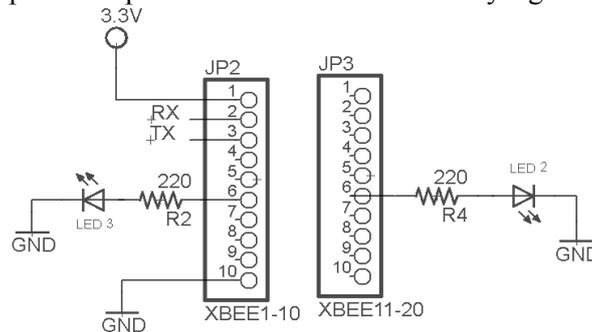
Gambar 5 merupakan rangkaian dari DS1307 yang berfungsi sebagai *real time clock*. Komunikasi antara mikrokontroler dengan DS1307 menggunakan I<sup>2</sup>C yaitu melalui pin SDA dan SCL. Pada rangkaian ini pin SDA dan SCL tidak dihubungkan dengan *eksternal pull-up resistor* dikarenakan pin I/O pada mikrokontroler yang terhubung dengan pin SDA dan SCL pada DS1307 sudah memiliki *internal pull-up resistor*. Sebuah IC DS1307 membutuhkan baterai lithium bernilai 3 V dan pin (+) baterai terhubung dengan pin 3 dari DS1307 dan pin (-) baterai terhubung ke *ground* dari catu daya.



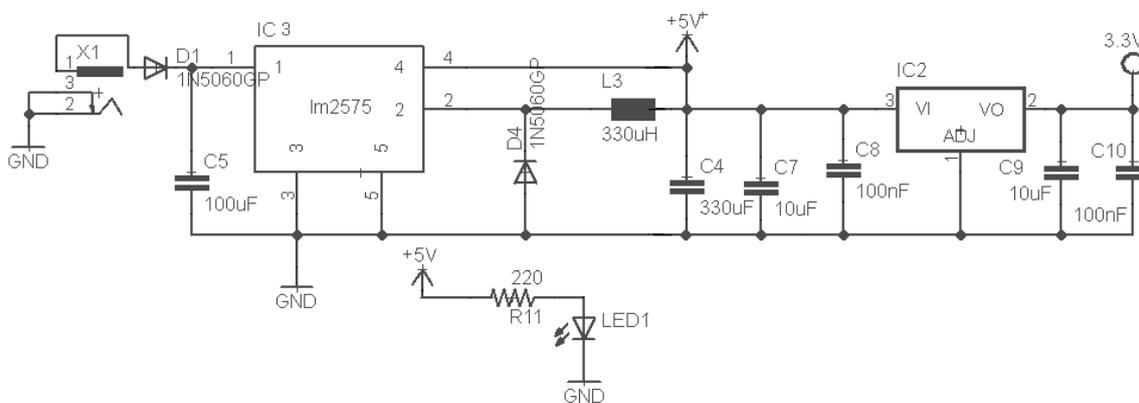
Gambar 6 Rangkaian sistem minimum ATmega328

Pada perancangan sub-sistem mikrokontroler, modul RF, dan catu daya terdiri dari rangkaian mikrokontroler dan pemancar serta rangkaian catu daya. Gambar 6 merupakan rangkaian sistem minimum dari mikrokontroler ATmega328. Pada Gambar 6 terdapat konektor JP1 2x5 pin sebagai konektor ISP 10 pin dan konektor JP4 yang digunakan untuk

menghubungkan catu daya dan I/O mikrokontroler dengan rangkaian sub-sistem sensor dan rtc. Pada gambar 7 yaitu konektor xbee juga dilengkapi dengan led asosiasi dan led rssi yang terhubung ke konektor pin 6 dan pin 15 melalui sebuah resistor yang bernilai 220  $\Omega$ .



Gambar 7. Konektor xbee



Gambar 8. Rangkaian catu daya 5v dan 3,3v

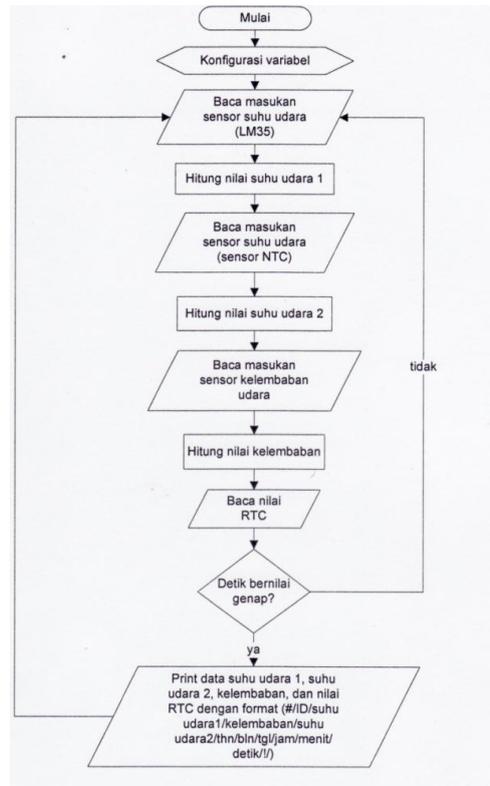
Sebuah dioda D1 tipe 1N4002 digunakan pada masukan LM2575 sebagai penyearah arus. Dioda jenis ini memiliki arus maju sebesar 1A dan memiliki nilai maksimum tegangan membalik pada 100 V. Selain itu pada masukan pin 1 pada LM2575 juga dipasang kapasitor elektrolit dengan nilai 100  $\mu\text{F}$  50 V untuk menstabilkan tegangan yang masuk ke LM2575. Sebuah induktor bernilai 330  $\mu\text{H}$  digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 5 V dan  $I_{\text{load}}$  sebesar 0.8 A. Nilai induktor ini berdasarkan pada datasheet dari LM2575. Sebuah kapasitor dengan nilai 330  $\mu\text{F}$  25 V digunakan sebagai kapasitor keluaran. Kemudian dari keluaran tegangan 5 V, diumpungkan sebagai masukan dari LM1117T yang menghasilkan keluaran tegangan 3,3 V.

### 2. 1.2. Perancangan perangkat lunak

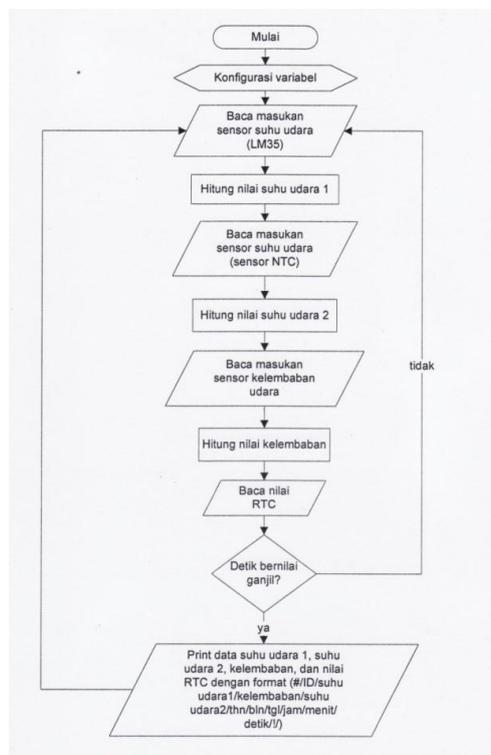
IDE Arduino digunakan pada proyek ini karena program ditulis dalam bahasa arduino. Bahasa pemrogramannya mirip bahasa C/C++ yang telah disederhanakan. IDE arduino mendukung beberapa tipe mikrokontroler AVR seperti Mega8, Mega168, Mega328, dan Mega1280. Perangkat lunak ini juga mendukung tipe AVR yang lain dengan melakukan modifikasi perangkat keras pada pengaturan IDE arduino. Kekurangan dari IDE arduino dibanding dengan perangkat lunak lain seperti BascomAVR dan CodeVision AVR adalah ukuran file yang dihasilkan IDE arduino lebih besar dari hasil kompilasi dari perangkat lunak lain tersebut untuk menghasilkan aplikasi yang sama. Sehingga penggunaan IDE arduino akan membutuhkan lebih banyak memori *flash* pada mikrokontroler.

Gambar 9 dan 10 merupakan diagram alir program mikrokontroler yang akan dibuat. Proses kerjanya sangat sederhana yaitu mikrokontroler mengecek terus menerus I/O sensor dan RTC. Jika nilai detik RTC bernilai genap (untuk *node* 1) hasil pembacaan nilai sensor dan nilai

RTC dikirim ke *receiver* dengan perintah “Serial.print”. Sebaliknya untuk *node 2*, akan mengirim data ketika detik RTC bernilai ganjil.



Gambar 9. Flowchart program mikro node 1



Gambar 10. Flowchart program mikro node 2

Tabel 1. Format paket data pengiriman *node* 1 dan *node* 2

| Data ke- | Node sensor 1     |               | Node sensor 2     |               |
|----------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|          | Keterangan        | Nilai         | Keterangan        | Nilai         |
| 1        | <i>header</i>     | #             | <i>header</i>     | #             |
| 2        | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 3        | ID                | 1             | ID                | 2             |
| 4        | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 5        | pengukuran LM35   | (suhu udara1) | pengukuran LM35   | (suhu udara1) |
| 6        | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 7        | pengukuran Hs1101 | (kelembaban)  | pengukuran Hs1101 | (kelembaban)  |
| 8        | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 9        | pengukuran NTC    | (suhu udara2) | pengukuran NTC    | (suhu udara2) |
| 10       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 11       | nilai RTC         | (thn)         | nilai RTC         | (thn)         |
| 12       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 13       | nilai RTC         | (bln)         | nilai RTC         | (bln)         |
| 14       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 15       | nilai RTC         | (tgl)         | nilai RTC         | (tgl)         |
| 16       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 17       | nilai RTC         | (jam)         | nilai RTC         | (jam)         |
| 18       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 19       | nilai RTC         | (menit)       | nilai RTC         | (menit)       |
| 20       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 21       | nilai RTC         | (detik)       | nilai RTC         | (detik)       |
| 22       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |
| 23       | <i>terminator</i> | !             | <i>terminator</i> | !             |
| 24       | pemisah           | /             | pemisah           | /             |

Perangkat lunak pada bagian penerima berfungsi sebagai sistem antarmuka untuk menampilkan dan menyimpan data suhu dan kelembaban yang dikirim pemancar dalam bentuk grafik dan tabel. Data pengukuran akan disimpan pada *database* dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Pada kondisi awal, sebelum data suhu dan kelembaban yang diterima dapat ditampilkan pada program antarmuka, terlebih dahulu diatur *COM port* dan *Baud Rate* nya. Format data yang dikirim pada bagian pemancar menggunakan header "#", serta setiap parameter dipisahkan dengan tanda "/".

## 2.2. Implementasi

Gambar 11 merupakan gambar *node* sensor 1 dan *node* sensor 2 yang telah berhasil diimplementasikan. Tiap *node* sensor terdiri dari papan sistem minimum mikrokontroler dan papan sistem sensor dengan pengkondisi sinyalnya.

Gambar 11. *Node* sensor 1 dan 2

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan di gedung pusat UGM dengan jarak masing-masing node sensor ke sink / penerima data sejauh 100 m. Pengambilan data dilakukan pada pukul 10.30-10.43. Gambar 12 merupakan gambar lokasi pengujian yang diambil dengan perangkat lunak Google Earth.



Gambar 12. Lokasi pengujian

Pada pengujian sistem secara keseluruhan dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak ini dilakukan pengambilan data dari jam 10.30-10.43. Namun pada tabel berikut diambil nilai terbaik pengukuran dari pukul 10.41-10.43. Tabel 2 berikut merupakan data pengukuran yang dilakukan oleh *node sensor 1*. Sedangkan data pengukuran *node sensor 2* yang berhasil disimpan di basis data diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 2 Hasil pengukuran sensor *node 1*

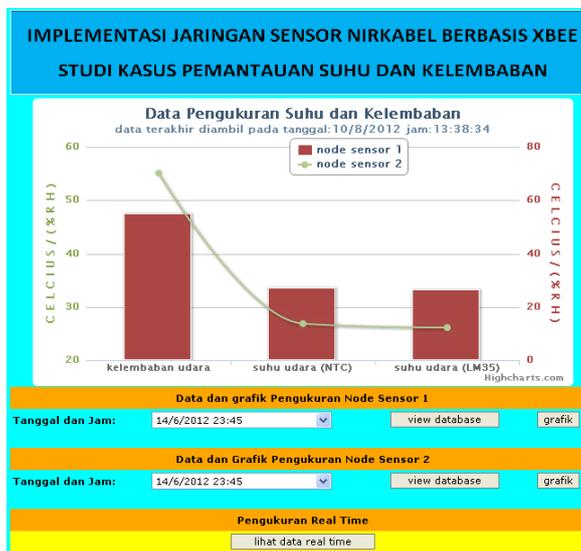
| No  | Jam      | LMBs  | NTC   | HS1101 | No  | Jam      | LMBs  | NTC   | HS1101 |
|-----|----------|-------|-------|--------|-----|----------|-------|-------|--------|
| 1.  | 10:41:54 | 29,91 | 28,16 | 57,88  | 31. | 10:42:54 | 29,55 | 28,16 | 55,8   |
| 2.  | 10:41:56 | 29,88 | 28,16 | 57,95  | 32. | 10:42:56 | 29,57 | 28,16 | 55,88  |
| 3.  | 10:41:58 | 29,88 | 28,12 | 58,03  | 33. | 10:42:58 | 29,52 | 28,16 | 56,1   |
| 4.  | 10:42:0  | 29,86 | 28,16 | 58,1   | 34. | 10:43:0  | 29,52 | 28,16 | 56,25  |
| 5.  | 10:42:2  | 29,84 | 28,16 | 58,18  | 35. | 10:43:2  | 29,52 | 28,16 | 56,33  |
| 6.  | 10:42:4  | 29,82 | 28,16 | 57,87  | 36. | 10:43:4  | 31,65 | 28,16 | 56,45  |
| 7.  | 10:42:6  | 29,79 | 28,16 | 56,8   | 37. | 10:43:6  | 29,49 | 28,1  | 56,33  |
| 8.  | 10:42:8  | 31,47 | 28,16 | 56,75  | 38. | 10:43:8  | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 9.  | 10:42:10 | 29,79 | 28,16 | 56,19  | 39. | 10:43:10 | 29,49 | 28,16 | 56,18  |
| 10. | 10:42:12 | 29,79 | 28,16 | 56,12  | 40. | 10:43:12 | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 11. | 10:42:14 | 29,78 | 28,16 | 56,12  | 41. | 10:43:14 | 29,49 | 28,16 | 56,41  |
| 12. | 10:42:16 | 29,74 | 28,17 | 55,96  | 42. | 10:43:16 | 29,49 | 28,16 | 56,33  |
| 13. | 10:42:18 | 29,69 | 28,16 | 55,96  | 43. | 10:43:18 | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 14. | 10:42:20 | 29,69 | 28,14 | 55,96  | 44. | 10:43:20 | 29,48 | 28,16 | 56,25  |
| 15. | 10:42:22 | 29,65 | 28,16 | 55,88  | 45. | 10:43:22 | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 16. | 10:42:24 | 29,69 | 28,17 | 55,88  | 46. | 10:43:24 | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 17. | 10:42:26 | 29,69 | 28,16 | 55,81  | 47. | 10:43:26 | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 18. | 10:42:28 | 29,68 | 28,16 | 55,88  | 48. | 10:43:28 | 29,49 | 28,16 | 56,25  |
| 19. | 10:42:30 | 29,67 | 28,16 | 55,8   | 49. | 10:43:30 | 29,48 | 28,16 | 56,33  |
| 20. | 10:42:32 | 29,6  | 28,16 | 55,95  | 50. | 10:43:32 | 31,54 | 28,14 | 56,52  |
| 21. | 10:42:34 | 29,6  | 28,16 | 55,95  | 51. | 10:43:34 | 29,44 | 28,1  | 56,4   |
| 22. | 10:42:36 | 31,09 | 28,16 | 56,04  | 52. | 10:43:36 | 29,43 | 28,1  | 56,4   |
| 23. | 10:42:38 | 29,59 | 28,16 | 56,03  | 53. | 10:43:38 | 29,43 | 28,06 | 56,4   |
| 24. | 10:42:40 | 29,59 | 28,16 | 56,03  | 54. | 10:43:40 | 29,42 | 28,14 | 56,48  |
| 25. | 10:42:42 | 29,59 | 28,08 | 56,03  | 55. | 10:43:42 | 29,41 | 28,16 | 56,55  |
| 26. | 10:42:44 | 29,59 | 28,16 | 55,95  | 56. | 10:43:44 | 29,42 | 28,16 | 56,86  |
| 27. | 10:42:46 | 29,59 | 28,16 | 56,03  | 57. | 10:43:46 | 29,42 | 28,21 | 57,01  |
| 28. | 10:42:48 | 29,59 | 28,16 | 55,95  | 58. | 10:43:48 | 29,39 | 28,16 | 57,09  |
| 29. | 10:42:50 | 29,6  | 28,16 | 55,95  | 59. | 10:43:50 | 29,4  | 28,16 | 57,24  |
| 30. | 10:42:52 | 29,57 | 28,16 | 55,88  | 60. | 10:43:52 | 29,39 | 28,16 | 57,31  |

Tabel 3 Hasil pengukuran sensor *node 2*

| No  | Jam      | LMBs  | NTC   | HS1101 | No  | Jam      | LMBs  | NTC   | HS1101 |
|-----|----------|-------|-------|--------|-----|----------|-------|-------|--------|
| 1.  | 10:41:49 | 29,65 | 28,8  | 58,24  | 31. | 10:42:53 | 29,42 | 28,61 | 55,41  |
| 2.  | 10:41:51 | 29,65 | 28,67 | 58,17  | 32. | 10:42:55 | 29,4  | 28,59 | 55,41  |
| 3.  | 10:41:53 | 29,63 | 28,63 | 58,17  | 33. | 10:42:57 | 29,45 | 28,59 | 55,56  |
| 4.  | 10:41:55 | 29,6  | 28,67 | 58,09  | 34. | 10:42:59 | 29,41 | 28,61 | 55,79  |
| 5.  | 10:41:57 | 29,62 | 28,65 | 58,09  | 35. | 10:43:1  | 29,43 | 28,59 | 55,87  |
| 6.  | 10:41:59 | 29,62 | 28,65 | 58,17  | 36. | 10:43:3  | 29,4  | 28,58 | 55,94  |
| 7.  | 10:42:1  | 29,62 | 28,61 | 58,24  | 37. | 10:43:5  | 29,41 | 28,61 | 56,02  |
| 8.  | 10:42:3  | 29,62 | 28,61 | 58,01  | 38. | 10:43:7  | 29,38 | 28,58 | 55,94  |
| 9.  | 10:42:5  | 29,63 | 28,61 | 57,4   | 39. | 10:43:9  | 29,38 | 28,61 | 55,87  |
| 10. | 10:42:7  | 29,63 | 28,61 | 56,87  | 40. | 10:43:11 | 29,39 | 28,56 | 55,87  |
| 11. | 10:42:9  | 29,59 | 28,61 | 56,49  | 41. | 10:43:13 | 29,37 | 28,61 | 56,02  |
| 12. | 10:42:11 | 29,61 | 28,61 | 56,11  | 42. | 10:43:15 | 29,37 | 28,56 | 56,02  |
| 13. | 10:42:13 | 29,56 | 28,61 | 56,03  | 43. | 10:43:19 | 29,36 | 28,54 | 55,86  |
| 14. | 10:42:15 | 29,56 | 28,61 | 55,95  | 44. | 10:43:21 | 29,35 | 28,56 | 55,79  |
| 15. | 10:42:17 | 29,57 | 28,61 | 55,88  | 45. | 10:43:23 | 29,37 | 28,52 | 55,79  |
| 16. | 10:42:19 | 29,57 | 28,5  | 55,88  | 46. | 10:43:25 | 29,37 | 28,52 | 55,79  |
| 17. | 10:42:21 | 29,57 | 28,61 | 55,72  | 47. | 10:43:27 | 29,4  | 28,49 | 55,79  |
| 18. | 10:42:23 | 29,55 | 28,69 | 55,57  | 48. | 10:43:29 | 29,35 | 28,52 | 55,86  |
| 19. | 10:42:25 | 29,57 | 28,61 | 55,65  | 49. | 10:43:31 | 29,37 | 28,52 | 56,02  |
| 20. | 10:42:27 | 29,54 | 28,61 | 55,72  | 50. | 10:43:33 | 29,37 | 28,52 | 56,02  |
| 21. | 10:42:33 | 29,5  | 28,61 | 55,57  | 51. | 10:43:35 | 29,37 | 28,5  | 55,94  |
| 22. | 10:42:35 | 29,52 | 28,61 | 55,72  | 52. | 10:43:37 | 29,35 | 28,5  | 55,94  |
| 23. | 10:42:37 | 29,5  | 28,58 | 55,72  | 53. | 10:43:39 | 29,37 | 28,5  | 56,02  |
| 24. | 10:42:39 | 29,51 | 28,61 | 55,8   | 54. | 10:43:41 | 29,38 | 28,39 | 56,09  |
| 25. | 10:42:41 | 29,48 | 28,58 | 55,79  | 55. | 10:43:43 | 29,4  | 28,52 | 56,32  |
| 26. | 10:42:43 | 29,49 | 28,58 | 55,64  | 56. | 10:43:45 | 29,37 | 28,52 | 56,47  |
| 27. | 10:42:45 | 29,48 | 28,61 | 55,72  | 57. | 10:43:47 | 29,42 | 28,52 | 56,48  |
| 28. | 10:42:47 | 29,44 | 28,59 | 55,79  | 58. | 10:43:49 | 29,37 | 28,52 | 56,7   |
| 29. | 10:42:49 | 29,47 | 28,61 | 55,72  | 59. | 10:43:51 | 29,4  | 28,54 | 56,78  |
| 30. | 10:42:51 | 29,49 | 28,61 | 55,57  | 60. | 10:43:53 | 29,38 | 28,54 | 56,86  |



Gambar 13. Tampilan web akuisisi data



Gambar 14. Tampilan web program tampil data

**Program Studi Elektronika dan Instrumentasi  
Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika  
MIPA UGM**

**Hasil Pengukuran Sensor**

| NO | ID | TGL | BLN | THN  | JAM | MENTI | DETIK | SUHU UDARA(LM35) | SUHU UDARA(NTC) | KELEMBABAN UDARA |
|----|----|-----|-----|------|-----|-------|-------|------------------|-----------------|------------------|
| 1  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 19    | 29.87            | 29.13           | 59.66            |
| 2  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 21    | 29.88            | 29.24           | 59.67            |
| 3  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 23    | 29.89            | 29.13           | 59.67            |
| 4  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 25    | 29.84            | 29.24           | 59.65            |
| 5  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 27    | 29.86            | 29.05           | 59.67            |
| 6  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 29    | 29.88            | 29.15           | 59.67            |
| 7  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 31    | 29.88            | 29.22           | 59.66            |
| 8  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 33    | 29.87            | 29.13           | 59.59            |
| 9  | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 35    | 29.9             | 28.94           | 59.59            |
| 10 | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 37    | 29.88            | 29.16           | 59.59            |
| 11 | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 39    | 29.88            | 29.18           | 59.59            |
| 12 | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 41    | 29.88            | 29.18           | 59.66            |
| 13 | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 43    | 31.8             | 29.09           | 59.59            |
| 14 | 2  | 14  | 6   | 2012 | 23  | 45    | 45    | 29.88            | 29.16           | 59.6             |

Gambar 15. Tampilan web dalam bentuk table

Gambar 13 merupakan tampilan program akuisisi data menggunakan program javascript dengan tampilan program menggunakan HTML. Sedangkan Gambar 14 merupakan tampilan web yang berfungsi untuk menampilkan data pengukuran yang tersimpan di basis data MySQL. Gambar 15 merupakan tampilan web untuk menampilkan data yang tersimpan pada basis data dalam bentuk tabel sesuai dengan tanggal dan waktu yang dipilih.

Sistem yang berhasil dibangun dan diimplementasikan membentuk jaringan xbee dengan 1 buah xbee koordinator dan 2 buah xbee perangkat akhir. Sebuah xbee koordinator pertama-tama akan memulai jaringan dengan mencari kanal radio yang sesuai. Ketika xbee koordinator dihidupkan, modul ini akan melakukan *active scan* dan *energy scan*. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemindaian tergantung pada nilai parameter SD (*Scan Duration*) ketika modul *transceiver* dikonfigurasi. Hasil yang diperoleh dari kedua proses pemindaian tersebut digunakan untuk mendapatkan kanal radio dengan energi paling baik yang tidak digunakan oleh jaringan PAN lain yang telah terdeteksi. Kemudian *node* koordinator memulai jaringan pada kanal yang terpilih dan pada PAN ID yang telah ditentukan. Kemudian ketika xbee perangkat akhir diaktifkan maka modul ini melakukan proses yang hampir sama yaitu melakukan *active scan*. Proses ini akan menghasilkan daftar PAN ID dan kanal yang terpakai oleh beberapa PAN yang terdeteksi. Setelah koordinator dengan nilai ID yang sama ditemukan, maka perangkat akhir akan mengirimkan pesan permintaan asosiasi ke koordinator tersebut. Kemudian menunggu konfirmasi asosiasi dari koordinator. Ketika konfirmasi diterima, maka perangkat akhir telah berhasil bergabung. Setelah jaringan xbee terbentuk, pertama-tama xbee koordinator mengirimkan pesan *broadcast* pada *node* lainnya, dalam hal ini yaitu 2 buah *node* perangkat akhir. Agar koordinator bekerja dalam modus *broadcast* maka nilai parameter DL (*Destination Low Address*) diberi nilai 0x0000FFFF dan nilai parameter DH (*Destination High Address*) diberi nilai 0x00000000. Sedangkan untuk mengirim paket data ke xbee koordinator, nilai DH dan DL dari perangkat akhir harus sesuai dengan alamat 64-bit dari perangkat tujuan yaitu sebuah koordinator. Pada penelitian ini misalnya, sebuah koordinator diketahui memiliki alamat 0x0013A200406F8070, maka nilai DH diatur nilainya dengan (13A200) dan nilai DL diberi nilai (406F8070). Sehingga setiap karakter serial akan dikirim sebagai transmisi *unicast* ke sebuah koordinator. Setelah paket data dari tiap *node* sensor dapat dikirim dari perangkat mikro kemudian dikirim melalui xbee perangkat akhir dan dikirim ke koordinator, maka yang menjadi masalah adalah ketika data dari *node* 1 dan *node* 2 dikirim bersamaan atau terjadi tabrakan data. Hal ini akan membuat paket data yang diterima oleh koordinator tidak sesuai yang diharapkan sehingga diperlukan penjadwalan pengiriman. Pada sistem yang dibangun pada skripsi ini dibuat penjadwalan pengiriman data berdasarkan waktu RTC yang dimiliki oleh mikrokontroler. Sebuah DS1307 berkomunikasi dengan mikrokontroler untuk menghasilkan nilai waktu baik tanggal, jam, menit, detik. Waktu kedua *node* harus disamakan terlebih dahulu agar penjadwalan berjalan dengan baik. *Node* pertama akan mengirim data ketika detik bernilai genap dan *node* kedua mengirim data ketika detik bernilai ganjil. Penjadwalan ini ditangani oleh mikrokontroler melalui program yang ditanamkan pada mikro tersebut. Sehingga setiap *node* sensor mampu mengirim data ke base station atau PC dengan frekuensi pengiriman setiap 2 detik sekali.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan juga hasil pengujian terhadap sistem perangkat lunak dan sistem perangkat keras, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Studi kasus pemantauan suhu dan kelembaban dengan jaringan sensor nirkabel berbasis xbee berhasil dibangun dan diimplementasikan, yang terdiri dari:
  - Perangkat keras sistem terdiri dari 3 *node*, yaitu *node sink* yang terhubung dengan PC, *node* sensor 1, dan *node* sensor 2.
  - Fasilitas yang dimiliki oleh setiap *node* sensor terdiri dari sebuah *real time clock* (RTC), sebuah *transceiver* xbee dan sensor untuk pengukuran suhu dan kelembaban.
2. Kemampuan yang dimiliki sistem terdiri dari:
  - Jarak maksimal antara *node sink* dengan *node sensor* yaitu 100 m.
  - Frekuensi pengiriman data dari tiap *node* ke *sink* setiap 2 detik sekali.
  - Hasil pencatatan data berupa *database* yang tersimpan pada PC.
  - Tampilan data dalam bentuk grafik dan tabel dengan menggunakan aplikasi web.

## 5. SARAN

Penelitian yang telah dilakukan masih memiliki beberapa kekurangan dan memungkinkan untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut. Diantaranya adalah:

1. Sistem ini terdiri dari 2 buah *node* sensor dan 1 buah *sink*, untuk penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan sistem jaringan sensor nirkabel dengan banyak *node* sensor dengan topologi jaringan yang lebih kompleks.
2. Algoritma pengiriman data dari tiap *transmitter* ke *receiver* masih sangat sederhana dan sistem bekerja dalam kondisi tanpa halangan, untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan algoritma sistem yang lebih kompleks sehingga sistem dapat bekerja meskipun ada halangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Edgar, H.C., 2004, *Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols*, CRC Press LLC, Florida.
- [2] Darma, S.A., 2010, Implementasi Sistem Pemantauan Suhu Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Single-hop, *Skripsi*, MIPA, UGM, Yogyakarta.
- [3] Permana, A., 2010, Implementasi Sistem Pemantauan Suhu Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Multi-hop, *Skripsi*, MIPA, UGM, Yogyakarta.