

## SISTEM AKUISISI DATA DAN MONITORING PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU

R.B. Dwiseno Wihadi<sup>1\*</sup>, Iswanjono<sup>2</sup>, F.F. I Wayan Sambu Respatia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

<sup>2,3</sup>Prodi Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta  
Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman

\*kangwihadi@gmail.com

### INTISARI

Kincir angin merupakan salah satu jenis pembangkit listrik energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia. Untuk dapat memantau kinerja kincir angin dibuat suatu sistem akuisisi data yang dapat mengumpulkan data-data terkait dengan karakteristik pada kincir angin yang direkam oleh sistem data logger. Sistem ini menggunakan papan Arduino Uno Rev3 sebagai pengirim data sensor yang diterima dari sistem data logger dan data dikirimkan secara nirkabel dengan menggunakan modul radio XBee-PRO (S2B). Data sensor yang dikirimkan adalah sensor tegangan, sensor arus, sensor kecepatan poros kincir, sensor kecepatan angin, dan sensor arah angin. Pengiriman data dilakukan setiap 10 detik, data di tampilkan dalam bentuk teks, animasi alat ukur, tabel, dan grafik serta disimpan sebagai basis data pada aplikasi akuisisi data. Dengan menggunakan kecepatan transfer data 9600 bps, pengiriman data dalam ruang dapat mencapai jarak 50 meter dengan tingkat keberhasilan 92%, sedangkan untuk pengiriman luar ruang dapat mencapai jarak 100 meter dengan tingkat keberhasilan 100%.

**Kata kunci:** Sistem akuisisi data, Kincir angin, XBee-PRO (S2B), Arduino, MATLAB

### 1. PENDAHULUAN

Kincir angin merupakan salah satu jenis pembangkit listrik energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia. Kecepatan angin di desa Laktutus, Atambua, NTT sekitar 10 - 12 m/detik dan pada kondisi puncaknya dapat mencapai 18 m/detik (Wihadi, D., dkk., 2015). Salah satu model kincir angin pembangkit listrik adalah kincir angin propeler yang ditunjukkan pada gambar 1. Penelitian terhadap kincir angin propeler telah dilakukan oleh Wihadi, D., dkk. (2015), untuk mengetahui karakteristik masing-masing kincir angin yang diuji dilakukan dengan merekam parameter sensor diantaranya adalah tegangan, arus, daya, dan energi menggunakan *data logger*.

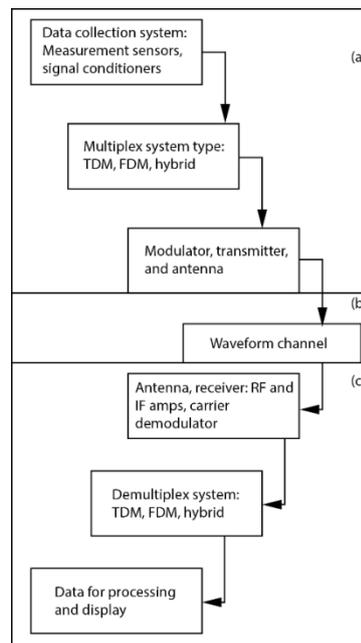


**Gambar 1.** Kincir Angin Propeler (Wihadi, D., dkk, 2015)

Meningkatnya kebutuhan pemantauan sistem secara *real-time*, membutuhkan sebuah model atau sistem yang lebih dari sekedar *portable* dan lebih fleksibel yaitu sistem telemetri. Sistem telemetri merupakan model metode pengukuran jarak jauh yang memanfaatkan gelombang radio sebagai media pengiriman data (Pribadi & Ananta, 2011). Untuk dapat memantau atau *monitoring*

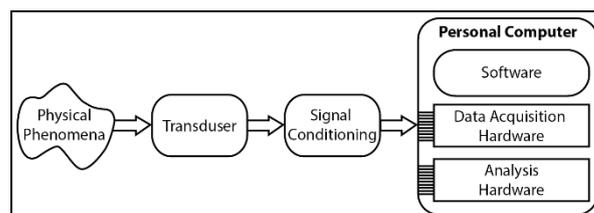
kinerja kincir dari jarak jauh data-data sensor yang direkam oleh *data logger* dikirimkan secara nirkabel dari stasiun pengamat ke stasiun penerima.

Sistem telemetri bertujuan untuk mengumpulkan data di tempat yang jauh ataupun tidak dan untuk menyampaikan data ke titik dimana data dapat dievaluasi (Carden et al., 2002). Skema sistem telemetri ditunjukkan pada gambar 2. dalam gambar ditunjukkan proses pengolahan data dimulai dari pengukuran data sensor-sensor yang dikirimkan secara nirkabel sampai pada sistem penampil. Pengukuran data sensor dapat berupa sebuah sistem *data logger* berbasis mikrokontroler yang terdiri dari pengkondisi sinyal yang dibaca melalui *Analog to Digital Converter* (ADC) pada mikrokontroler, rangkaian *Real Time Clock* (RTC) dan rangkaian *Secure Digital* (SD) yang berfungsi menyimpan data berdasarkan waktu. Pengiriman data secara nirkabel dapat dilakukan dengan menggunakan modul komunikasi data yang kompatibel dengan sistem *data logger* melalui komunikasi serial pada mikrokontroler yang terdiri dari modul *transmitter* dan modul receiver. Sistem penampil dapat berupa sebuah program aplikasi yang dapat menampilkan dan menyimpan data sensor yang dikirimkan.



**Gambar 2.** Skema Sistem Telemetri (Carden et al., 2002)

Sistem akuisisi data atau *Data-Acquisition System* (DAS) secara aktual berupa *interface* antara lingkungan analog dengan lingkungan digital (Setiawan, 2008). Lingkungan analog meliputi transduser dan pengkondisi sinyal dengan segala kelengkapannya, sedangkan lingkungan digital meliputi *Analog to Digital Converter* (ADC) dan selanjutnya *digital processing* atau *command unit* yang dilakukan oleh mikroprosesor atau komputer seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Salah satu sistem DAS adalah *one way DAS*, sistem ini mempunyai struktur yang sederhana dan merupakan sistem yang memiliki fungsi terbatas hanya untuk pembacaan besaran fisik yang diukur secara digital untuk selanjutnya ditampilkan serta merekamnya sebagai *off-line processing* (Setiawan, 2008).



**Gambar 3.** Elemen-elemen Sistem Akuisisi Data Berbasis PC (Setiawan, 2008)

Arduino merupakan sebuah *platform* elektronik *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan (Artanto, 2012). Salah satu bentuk *hardware* arduino yang populer adalah Arduino Uno Rev3. Arduino Uno Rev3 merupakan papan sistem minimum berbasis mikrokontroler ATmega328 keluarga AVR. Untuk dapat memprogram mikrokontroler Arduino juga menyediakan lingkungan pemrograman Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) yang menggunakan bahasa pemrograman C++ serta dilengkapi dengan berkas *library* untuk menyederhanakan proses *coding*. Arduino Uno Rev3 juga mendukung beberapa komunikasi dengan perangkat lain yaitu komunikasi serial *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) pada pin serial 0 (Rx) dan 1 (Tx) yang digunakan untuk komunikasi dengan mikrokontroler lain dan komunikasi *Serial Peripheral Interface* (SPI) dengan Arduino sebagai *master* dan perangkat lain sebagai *slave*.

Modul radio XBee dan XBee-PRO dirancang untuk memenuhi standar ZigBee/IEEE 802.15.4, mendukung komunikasi nirkabel, kebutuhan daya rendah, dan memungkinkan pengiriman data yang handal antar perangkat yang jauh. Jaringan ZigBee bekerja pada pita frekuensi 2,4 GHz, 868 MHz, dan 915 MHz. Ijin penggunaan pita frekuensi 2400 - 2483,5 MHz telah diatur pada keputusan Menteri No. 2 tahun 2005 (Purbo, 2006). Salah satu modul XBee-PRO adalah XBee-PRO (S2B) modul ini bekerja pada pita frekuensi 2,4 GHz dengan teknik modulasi *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS). Melalui *port* serial modul dapat berkomunikasi dengan logika dan level tegangan UART dengan mengatur nilai *baud rate*, paritas, *start* bit, *stop* bit, dan data bit yang sesuai. Protokol jaringan ZigBee pada modul XBee-PRO (S2B) didefinisikan menjadi tiga jenis perangkat yaitu koordinator, router, dan *end device* berdasarkan mode operasi yang digunakan. Mode operasi AT (*Transparent Operation*) merupakan mode operasi yang sederhana, kompatibel dengan modul serial pada umumnya dan bekerja baik pada komunikasi antar dua radio XBee. Untuk dapat menggunakan modul, terlebih dahulu dilakukan konfigurasi parameter dan memperbaharui *firmware* modul menggunakan perangkat lunak X-CTU. Parameter pada umumnya yang diatur adalah nilai *Personal Area Network ID* (PAN ID), nilai *Destination Address Low* (DL), nilai *Destination Address High* (DH), dan nilai *Baud Rate* (BD). Berdasarkan spesifikasi modul XBee-PRO (S2B) komunikasi nirkabel dalam ruang dapat dilakukan sampai jarak 90 meter, dan komunikasi nirkabel luar ruang dapat dilakukan sampai jarak 3200 meter.

Kartu SD (*Secure Digital*) adalah kartu memori kecil yang digunakan untuk penyimpanan *portable*. Kartu SD memiliki kecepatan transfer data yang tinggi, konsumsi daya yang rendah, dan tidak memerlukan sumber daya untuk mempertahankan data yang ada. Kartu SD dapat bekerja dengan menggunakan catu daya dengan tegangan sebesar 2,7 - 3,6 volt [7], dalam pengoperasian kartu SD pada mikrokontroler melalui pin komunikasi SPI memerlukan penyesuaian level tegangan. Saat keluaran mikrokontroler 5 volt harus diterima oleh kartu SD sebesar 3,3 volt. Penyesuaian level tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan konsep pembagi tegangan (Martanto dkk., ...).

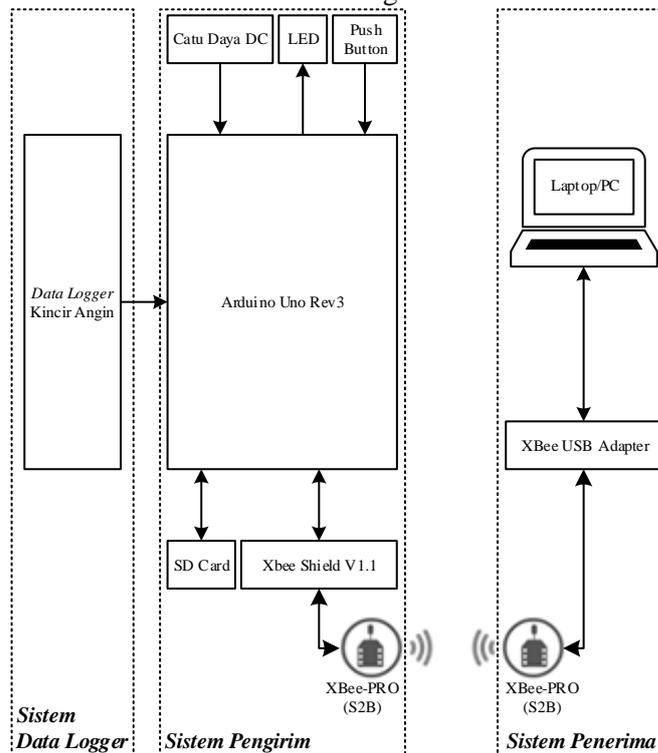
MATLAB adalah pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk komputasi teknis. Kemampuan pemrograman MATLAB adalah komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam lingkungan yang mudah digunakan. Pemrograman MATLAB mendukung pemrograman *Graphical User Interface* (GUI) yang disebut juga *guide*. Komponen-komponen *guide* pada umumnya yang digunakan adalah *push button*, *edit text*, *static text*, *pop-up menu*, *table*, *axes*, dan *activex control*. *Guide* MATLAB akan secara otomatis membangun kode yang dapat dimodifikasi sesuai dengan perintah program yang diinginkan. MATLAB memungkinkan membentuk program *guide* menjadi aplikasi mandiri (*standalone application*) dan mengintegrasikan program kedalam *spreadsheet* Excel menggunakan MATLAB *compiler*. Dan semua aplikasi yang dibentuk menggunakan MATLAB *compiler* dapat dijalankan dengan MATLAB *runtime* pada laptop atau *Personal Computer* (PC).

## 2. METODOLOGI

Sistem akuisisi data yang dirancang terdiri dari sistem pengirim dan sistem penerima seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Sistem pengirim berfungsi untuk mengirimkan data pengukuran yang diterima melalui media penghantar kabel dari sistem *data logger* stasiun pengamat berupa data nomer perekamam, tanggal, jam, tegangan, arus, perolehan energi, kecepatan kincir, kecepatan angin, dan arah angin secara nirkabel (*wireless*) sampai ke stasiun penerima. Sistem penerima

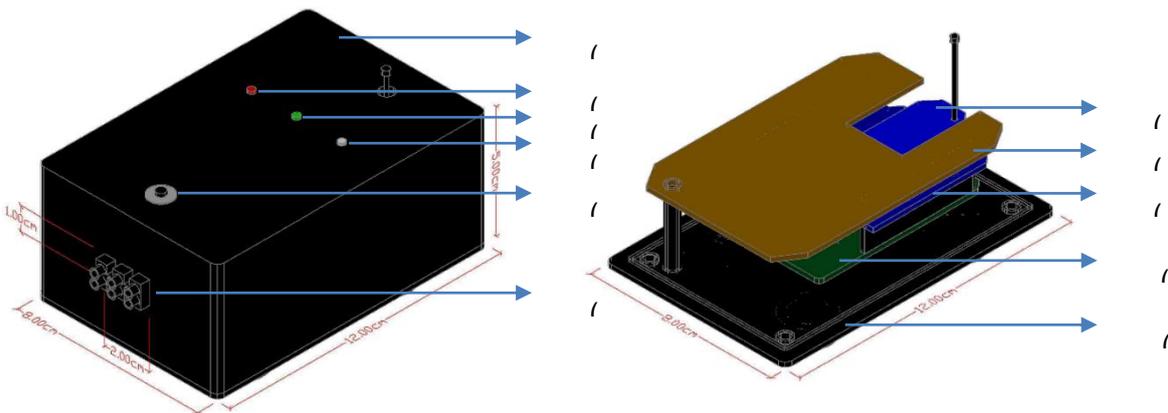
merupakan antarmuka akuisisi data yang dijalankan pada laptop/PC, data yang diterima ditampilkan dalam bentuk teks, animasi alat ukur, tabel, dan grafik pada program aplikasi mandiri (*standalone application*) untuk pemantauan data (*data monitoring*), data yang diterima juga disimpan secara otomatis dalam bentuk file text, dan secara manual dalam bentuk file excel (*Microsoft Excel Worksheet*) untuk basis data (*data base*) dalam waktu 24 jam.

Berdasarkan blok sistem pada gambar 4. modul komunikasi data yang digunakan adalah modul radio XBee-PRO (S2B) dengan *integrated whip antenna*, modul dioperasikan dengan mode AT dengan mengatur radio sistem pengirim sebagai koordinator, dan radio sistem penerima sebagai router. Data yang dikirimkan oleh sistem *data logger* diterima sistem pengirim melalui komunikasi serial Arduino Uno Rev3. Untuk dapat berkomunikasi dengan modul radio XBee-PRO (S2B), modul dihubungkan dengan perangkat yang kompatibel dengan Arduino Uno Rev3 sistem pengirim yaitu modul XBee Shield V1.1, dan perangkat laptop/PC sistem penerima yaitu modul XBee USB Adapter. Apabila sistem pengirim dan sistem penerima tidak terhubung, data yang diterima disimpan pada kartu SD dan data akan dikirimkan secara berurutan jika sistem terhubung. Data yang sedang diterima dan dikirim ditandai dengan indikator LED.



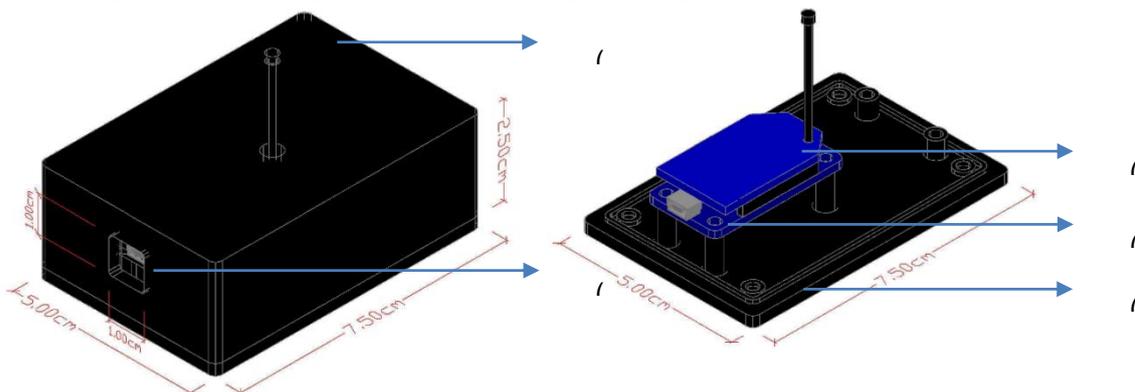
Gambar 4. Blok Sistem Perancangan

Perancangan perangkat keras sistem pengirim ditunjukkan pada gambar 5. Perangkat keras terdiri dari modul pabrikan diantaranya XBee-PRO (S2B), papan Arduino Uno Rev3, dan XBee Shield V1.1. Perangkat keras juga dilengkapi dengan subsistem rangkaian elektronik pada satu papan PCB, yaitu rangkaian catu daya DC yang berfungsi untuk mensuplai tegangan dari sumber 12 volt DC, rangkaian *reset* eksternal yang berfungsi untuk *reset* mikrokontroler ATmega328 pada papan Arduino Uno Rev3, rangkaian kartu SD yang berfungsi untuk menghubungkan perangkat kartu SD ke papan Arduino Uno Rev3 melalui pin SPI mikrokontroler, dan rangkaian LED sebagai indikator *power*, terima data dan kirim data. Untuk melindungi semua komponen elektronik, perangkat keras dilengkapi kotak komponen.



**Gambar 5.** Perangkat Keras Sistem Pengirim, (a). Bagian Luar, (b). Bagian Dalam  
(1). Tutup Kotak Komponen, (2). LED Power, (3). LED Terima Data, (4). LED Kirim Data,  
(5). Tombol Reset, (6). Pin Komunikasi Serial (Tx, Rx, GND), (7). XBee-PRO (S2B), (8). Papan  
PCB, (9). XBee Shield V1.1, (10). Arduino Uno Rev3, (11). Alas Kotak Komponen

Perancangan perangkat keras sistem penerima ditunjukkan pada gambar 6. Perangkat keras terdiri dari modul pabrikasi diantaranya adalah XBee-PRO (S2B) dan XBee USB Adapter. Untuk melindungi semua modul, perangkat keras dilengkapi dengan kotak komponen.



**Gambar 6.** Perangkat Keras Sistem Penerima, (a). Bagian Luar, (b). Bagian Dalam  
(1). Tutup Kotak Komponen, (2). Lubang Port USB, (3). XBee-PRO (S2B), (4). XBee USB  
Adapter, (5). Alas Kotak Komponen

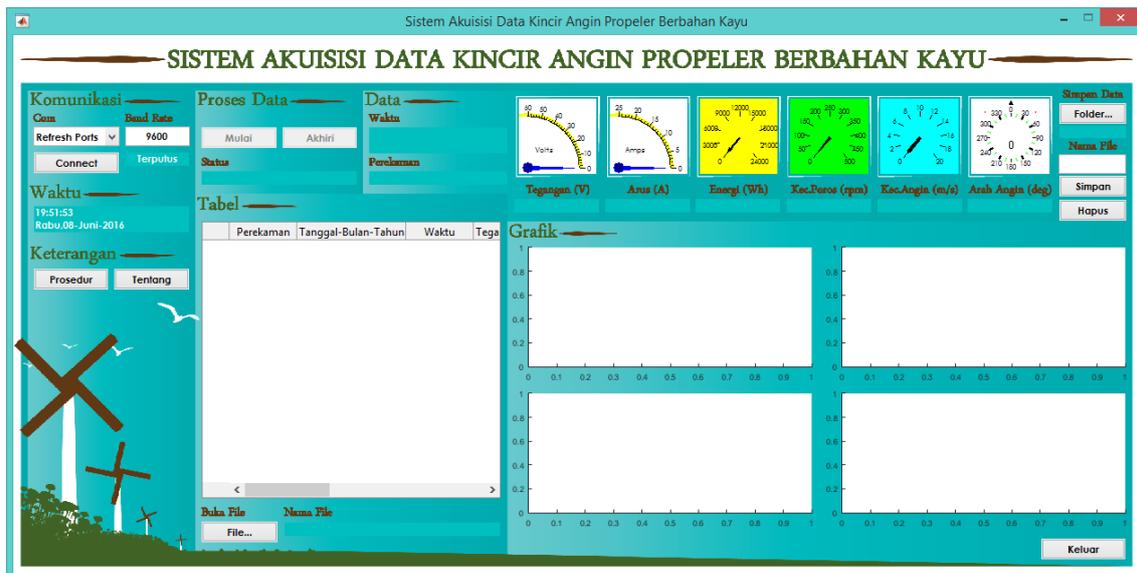
Data-data sensor pengukuran sistem *data logger* dikirimkan dalam satu paket data. Jumlah data yang dikirimkan sebanyak 11 data berjumlah 66 karakter (tabel 1). Paket data diawali dengan karakter ‘\*’ (bintang), diakhiri dengan karakter ‘#’ (pagar), dan setiap data dipisahkan dengan karakter ‘,’ (koma). Data yang diterima ditetapkan dengan rentang nilai sesuai dengan spesifikasi pengukuran sistem *data logger*, diantaranya adalah data nomer perekaman 0 - 8639, tegangan 0 - 60 volt, arus 0 - 25 ampere, energi 0 - 24.000 Watt/jam, kecepatan poros 0 - 500 rpm, kecepatan angin 0 - 20 m/s, dan arah angin 0 - 359,99 deg berdasarkan rentang nilai tersebut ditetapkan jumlah karakter masing-masing data yang dikirimkan dengan jumlah yang tetap.

**Tabel 1.** Format Paket Data

	No Perekaman	Tanggal	Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Energi (Wh)	K. Poros (rpm)	K. Angin (m/s)	Arah Angin (deg)
<b>Jumlah Karakter</b>	4	10	8	5	5	8	3	5	6
<b>Contoh Data</b>	0001	22-01-2016	16:30:10	12.47	01.89	00000.16	162	04.98	023.04
<b>Contoh Paket Data</b>	*,0001,22-01-2016,16:30:10,12.47,01.89,00000.16,162,04.98,023.04,#								

Program aplikasi akuisisi data dibuat menggunakan MATLAB *guide*. Perancangan program aplikasi meliputi perancangan gambar aplikasi dan pemrograman pada MATLAB *guide*. Desain program aplikasi ditunjukkan pada gambar 7. Berdasarkan keperluan pemantauan kinerja kincir angin, ditetapkan komponen dan properti GUI berdasarkan blok dengan masing-masing fungsi, diantaranya adalah:

1. Blok komunikasi terdiri dari *pop-up menu* untuk menampilkan perangkat serial, *edit text* sebagai masukan nilai *baud rate*, *push button connect/disconnect* untuk menghubungkan atau memutuskan koneksi serial, dan *static text* untuk menampilkan status komunikasi.
2. Blok proses data terdiri dari *push button* mulai untuk memulai penerimaan data, *push button* akhiri untuk mengakhiri penerimaan data, dan *static text* untuk menampilkan status data yang masuk.
3. Blok data terdiri dari penampil data diantaranya *static text* untuk menampilkan data pada teks dan *activeX control* yang untuk menampilkan data pada animasi *gauges* dan penyimpanan data diantaranya *push button* folder untuk memilih lokasi penyimpanan, *static text* untuk menampilkan lokasi penyimpanan, *edit text* nama file untuk nama file penyimpanan, *push button* simpan untuk menyimpan data, dan *push button* hapus untuk menghapus data pada tampilan aplikasi.
4. Blok waktu terdiri dari *static text* untuk menampilkan jam dan waktu berdasarkan laptop/PC.
5. Blok tabel terdiri dari *uitable* untuk menampilkan data pada tabel, *push button* file untuk membuka file akuisisi data yang disimpan, dan *static text* untuk menampilkan nama file yang dibuka.
6. Blok grafik terdiri dari *axes* untuk menampilkan data pada grafik.
7. Blok keterangan terdiri dari *push button* prosedur untuk menampilkan prosedur menjalankan aplikasi dan *push button* tentang untuk menampilkan informasi tentang aplikasi.



Gambar 7. Desain Jendela Program Aplikasi Akuisisi Data

Prosedur pengiriman paket data dilakukan dengan metode pengecekan data. Hal ini bertujuan untuk memeriksa sambungan nirkabel sistem pengirim ke sistem penerima dan memeriksa data yang diterima pada program aplikasi. Sebelum mengirimkan paket data, sistem pengirim melakukan *ping* ke sistem penerima. Apabila sistem penerima tidak aktif, sistem pengirim akan melakukan *ping* kembali setiap 10 detik dan paket data disimpan sementara pada kartu SD. Jika sistem penerima aktif, maka sistem penerima akan mengirimkan status aktif sehingga paket data dapat dikirimkan. Sistem penerima selanjutnya akan mengkonfirmasi paket data yang diterima. Apabila paket data yang diterima benar atau paket data yang diterima sama dengan sebelumnya, sistem pengirim akan mengirimkan status paket data benar sehingga sistem pengirim dapat mengirimkan paket data selanjutnya. Apabila paket data yang diterima salah, sistem pengirim akan mengirimkan status paket data salah sehingga sistem pengirim akan mengirimkan paket data

yang sama. Jika sistem penerima menerima paket data salah lebih dari 5, maka sistem pengirim akan mengirimkan data selanjutnya.

Pengujian sistem dalam penelitian ini menggunakan alat bantu berupa sistem data *dummy* yang berfungsi untuk mensimulasi data-data sensor pada kincir angin. Hal tersebut dikarenakan belum ada plant kincir angin yang dapat menjadi objek penelitian dengan karakteristik sensor yang ditetapkan. Sistem data *dummy* mengolah data sensor yang dimodelkan dengan lima potensiometer yang merepresentasikan sensor yaitu tegangan, arus, kecepatan poros, kecepatan angin, dan arah angin. Sistem data *dummy* dilengkapi dengan rangkaian RTC dan rangkaian kartu SD yang berfungsi untuk menyimpan data perekaman berdasarkan waktu dan jadwal pengiriman dilakukan setiap 10 detik per paket data.

Proses pengambilan data dilakukan dengan empat metode pengujian diantaranya adalah:

1. Pengujian kemampuan sistem beroperasi selama 24 jam.
2. Pengujian pengiriman paket data dengan metode pengecekan data.
3. Pengujian pengiriman paket data di dalam ruang dengan penghalang dinding beton sampai jarak 50 meter menggunakan variasi *baud rate* 9600 bps, 38400 bps, dan 115200 bps.
4. Pengujian pengiriman paket data di luar ruang tanpa penghalang sampai jarak 1000 meter menggunakan *baud rate* 9600 bps.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Implementasi Sistem

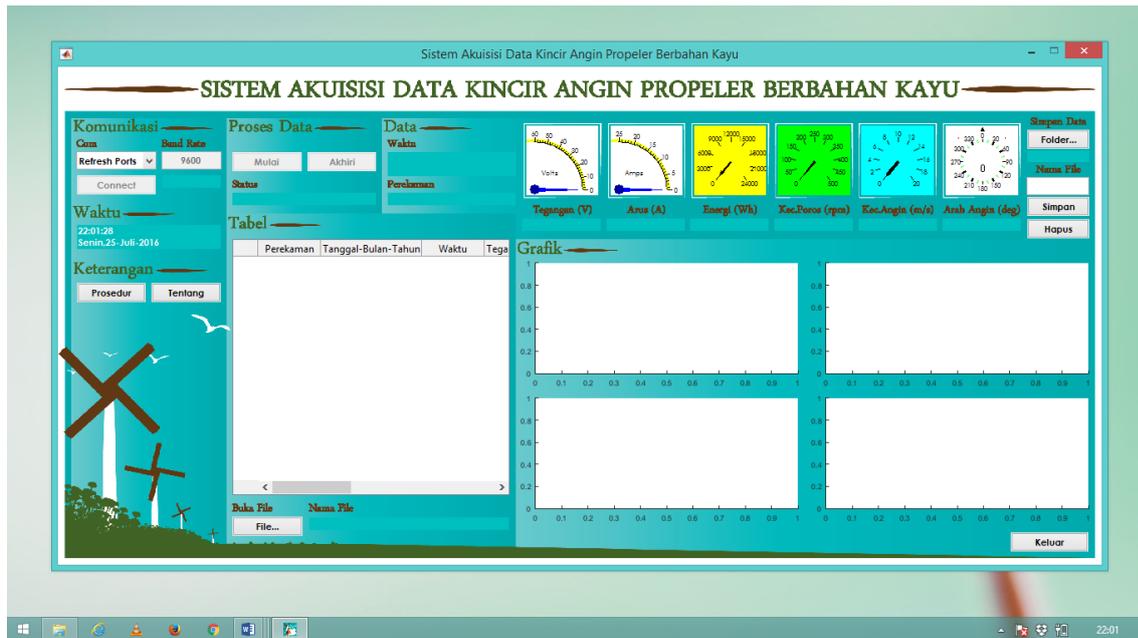
Sesuai dengan tujuan dan metode yang ditentukan, pada penelitian ini dilakukan implementasi perangkat keras sistem pengirim dan sistem penerima, serta eksekusi program aplikasi sistem akuisisi data pada laptop/PC. Perangkat keras sistem pengirim ditunjukkan pada gambar 8. Perangkat keras sistem penerima ditunjukkan pada gambar 9. Dan tampilan jendela aplikasi sistem akuisisi data pada *desktop* laptop/PC ditunjukkan pada gambar 10.



**Gambar 8.** Perangkat Keras Sistem Pengirim, (a). Bagian Luar, (b). Bagian Dalam



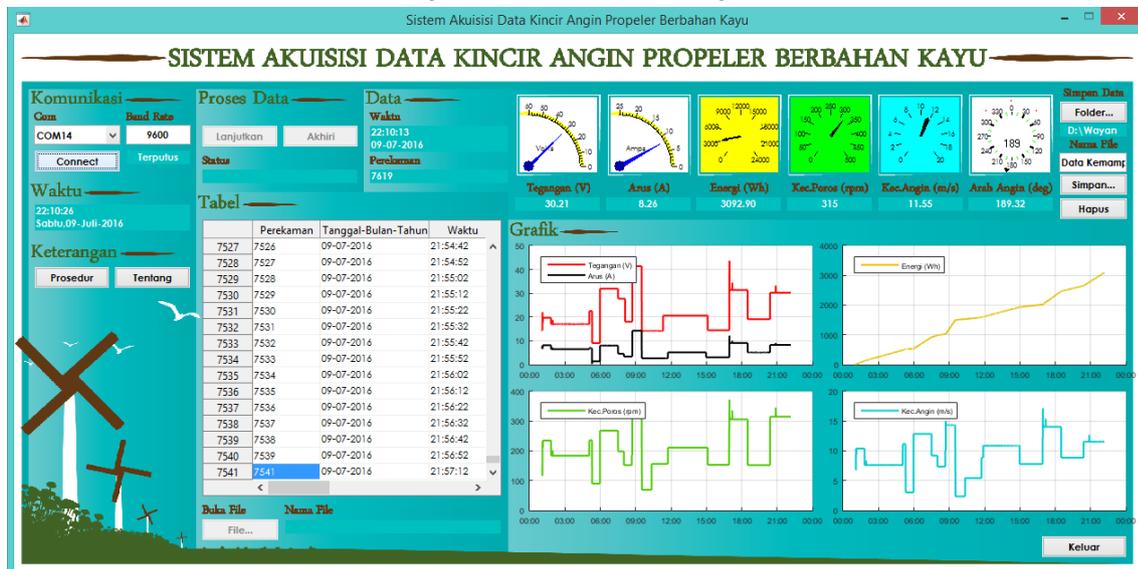
**Gambar 9.** Perangkat Keras Sistem Penerima, (a). Bagian Luar, (b). Bagian Dalam



Gambar 10. Tampilan Jendela Aplikasi Sistem Akuisisi Data

### 3.2. Uji Coba

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengoperasikan sistem dalam waktu 24 jam. Paket data dikirimkan dengan jadwal pengiriman setiap 10 detik oleh sistem *data dummy* sehingga selama 24 jam jumlah paket data yang dikirimkan adalah 8640 paket data. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 11. Data disimpan secara otomatis dalam format file text dengan nama file sesuai dengan jam dan waktu memulai penerimaan dan dapat disimpan secara manual dalam format file excel dengan nama file sesuai dengan masukkan *user*.

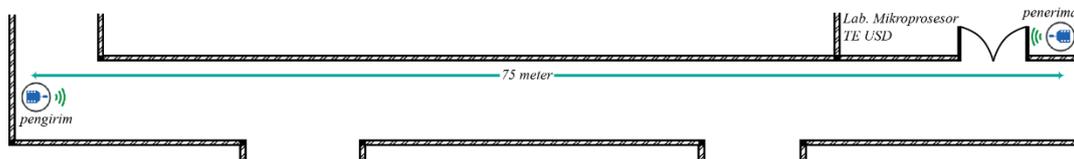


Gambar 11. Hasil Pengujian Sistem Dalam Waktu 24 Jam

Pengujian pengiriman paket data dengan metode pengecekan data dilakukan didalam ruang dengan menggunakan *baud rate* 9600 bps. Jarak antara perangkat sistem pengirim dan sistem penerima adalah 1 meter dan diletakkan pada ketinggian 36 cm dari permukaan. Metode pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu mengaktifkan sistem *data dummy*, sistem pengirim akan menerima 180 paket data dalam waktu 1800 detik atau 30 menit dan saat yang bersamaan sistem penerima dinonaktifkan sehingga paket data disimpan pada kartu SD. Sistem penerima diaktifkan

kembali pada menit 30 detik ke 5 sehingga paket data dapat dikirimkan. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan dihitung rerata waktu yang dibutuhkan mengirimkan paket data.

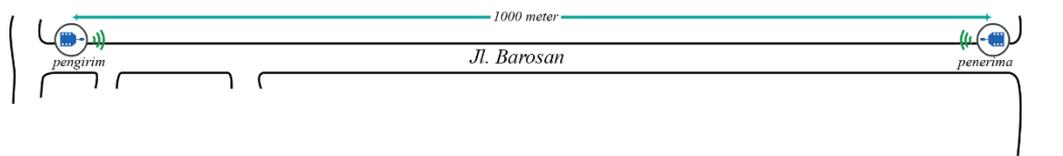
Pengujian pengiriman paket data dalam ruang dilakukan di lorong laboratorium kendali Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma. Perangkat sistem penerima diletakkan di dalam ruang terhalang dinding beton pada laboratorium mikroprosesor dan sistem digital TE USD. Perangkat sistem pengirim dan penerima diletakkan pada ketinggian 45,8 cm dari permukaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



**Gambar 12.** Ilustrasi Pengujian Pengiriman Paket Data dalam Ruang

Metode pengujian dilakukan dengan mengirimkan 30 paket data yang dilakukan selama 5 menit. Secara bersamaan sistem penerima akan mengaktifkan pewaktuan selama 5 menit kemudian proses akan berakhir. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada jarak yang sama dan presentase galat yang diperoleh dihitung dari selisih total paket data yang seharusnya diterima yaitu 150 paket data dengan jumlah data yang dapat diterima. Perangkat sistem pengirim menjauhi perangkat sistem penerima dengan variasi jarak yaitu 10 meter, 25 meter, dan 50 meter.

Pengujian pengiriman paket data dalam ruang tanpa penghalang dilakukan di sepanjang Jl. Barosan, Sumbersari, Moyudan, Sleman, Yogyakarta. Jalan tersebut merupakan jalan lurus yang berada ditengah-tengah persawahan dengan panjang jalan adalah 1080 meter. Perangkat sistem pengirim dan sistem penerima diletakkan pada ketinggian 1 meter dari permukaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 13.



**Gambar 13.** Ilustrasi Pengujian Pengiriman Paket Data Luar Ruang

Pengujian dilakukan dengan metode yang sama dengan pengujian pengiriman paket data dalam ruang dan menggunakan variasi jarak 100 meter, 120 meter, 200 meter, 500 meter, dan 1000 meter.

### 3.3. Analisis Umum

Analisis data dilakukan berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh, hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem akuisisi data mulai dari pengiriman sampai pada data dapat disimpan sebagai sebuah data akuisisi. Sistem pengirim sudah dapat mengirimkan paket data dari sistem *data logger*, dan data dapat diterima pada program aplikasi akuisisi data. Paket data yang diterima dapat dipisahkan sehingga dapat ditampilkan pada teks, animasi, tabel, dan grafik sesuai dengan parameter data yang diterima (gambar 11.). Program aplikasi dapat menyimpan paket data secara otomatis dalam format file text (gambar 12.) dan menyimpan paket data secara manual dalam format file excel (gambar 13.). Berdasarkan hasil pengujian (gambar 11.) ditunjukkan bahwa paket data dapat dikirimkan dan diterima dengan benar sejumlah 7540 paket data, yaitu dari paket data ke- 0 sampai paket data ke- 7539. Paket data ke- 7540 tidak diterima, hal ini menunjukkan bahwa presentase tingkat keberhasilan sistem adalah 87,27% dari 8640 paket data yang harus diterima. Semakin banyak data yang diterima kinerja program aplikasi menjadi berat dan mempengaruhi tanggapan sistem penerima ke sistem pengirim, sehingga ada paket data yang terlewatkan dan tidak dapat diterima.

Hasil pengujian pengiriman paket data dengan metode pengecekan data menunjukkan rerata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan 180 paket data adalah 7 menit 6 detik (tabel 2.). Sistem pengirim dapat menyimpan paket data pada kartu SD selama tidak terhubung dengan sistem

penerima dan paket data dapat dikirimkan pada saat sistem terhubung. Pengiriman paket data dalam ruang dengan menggunakan *baud rate* 9600 bps dapat mencapai jarak 50 meter dengan galat 8%, menggunakan *baud rate* 38400 bps dapat mencapai jarak 50 meter dengan galat 90%, sedangkan menggunakan *baud rate* 115200 bps tidak dapat mencapai jarak 50 meter (tabel 3.). Hasil pengujian menunjukkan semakin kecil *baud rate* yang digunakan semakin jauh jarak pengiriman paket data. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan pengiriman paket data dalam ruang penghalang dinding beton menggunakan *baud rate* 9600 bps dapat mencapai jarak 50 meter dengan presentase tingkat keberhasilan 92%.

Pengiriman paket data luar ruang tanpa penghalang dengan menggunakan *baud rate* 9600 bps dapat mencapai jarak 100 meter dengan galat 0%, pada jarak 120 meter galat yang diperoleh 24%, dan pada jarak 200 meter sampai 1000 meter paket data yang dikirimkan tidak dapat diterima oleh sistem penerima (tabel 4.). Hal ini menunjukkan pengiriman paket data dalam ruang tidak dapat dilakukan sampai jarak maksimal sesuai dengan spesifikasi modul radio XBee-PRO (S2B) sampai jarak 3200 meter. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan pengiriman paket data luar ruang tanpa penghalang menggunakan *baud rate* 9600 bps dapat mencapai jarak 100 meter dengan tingkat keberhasilan 100%.

#### **4. KESIMPULAN**

1. Sistem pengirim dapat mengirimkan paket data dari sistem *data logger* dan menyimpan paket data sementara pada kartu SD saat tidak terhubung dengan sistem penerima;
2. Sistem penerima dapat menerima paket data dan menampilkan data dalam bentuk teks, animasi, tabel, dan grafik dengan tingkat keberhasilan 87,27% selama 24 jam pada jadwal pengiriman paket data setiap 10 detik;
3. Paket data yang diterima dapat disimpan secara otomatis dalam format file text dan disimpan manual dalam format file excel;
4. Pengiriman paket data dalam ruang penghalang dinding beton menggunakan *baud rate* 9600 bps dapat mencapai jarak 50 meter dengan tingkat keberhasilan 92%;
5. Pengiriman paket data luar ruang tanpa penghalang menggunakan *baud rate* 9600 bps dapat mencapai jarak 100 meter dengan tingkat keberhasilan 100%.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Wihadi, D., Iswanjono, dan Rines, *Kincir Angin Propeler Berbahan Kayu untuk Kecepatan Angin Tinggi*, MediaTenika. 2015; 10(2): 122-131.
- Pribadi, F.S., dan Ananta, H., *PC Data Logger Berbasis Telemetry*, Jurnal Kompetensi Teknik. 2011; 3(1): 57-64.
- Carden, F., Jedlicka, R., dan Henry, R., 2002, *Telemetry Systems Engineering*, Artec House, Inc, London.
- Setiawan, R., 2008, *Teknik Akuisisi Data*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Artanto, D., 2012, *Interaksi Arduino Dan LabVIEW*, Gramedia, Jakarta.
- Purbo, O.W., 2006, *Buku Pegangan Internet Wireless Dan Hspot*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Martanto., Prabowo, P.S., Widyastuti, W., Harini, B.W., Tjendro., *Data Logger Energi Listrik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Produksi IBIKK TE USD*, Makalah, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.