

## **SISTEM TELEMETRI PEMANTAUAN SUHU LINGKUNGAN MENGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN JARINGAN WIFI**

**Munarso dan Suryono**

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika,  
Universitas Diponegoro, Semarang  
E-mail: narsomunarso@gmail.com

### **ABSTRACT**

Research has been done to make a systems of sensors and telemetry systems for data acquisition the ambient temperature based microcontroller and used Wi-Fi networks. This research also aims to make a computer software telemetry systems that can perform real-time data acquisition ambient temperature. Telemetry monitoring the ambient temperature is very important because it can take measurements remotely and in a place that is not affordable. Research has been carried out by designing, manufacturing, and testing telemetry systems which consists of two main parts: the transmitter and receiver. At the transmitter consist of components LM35, ATmega8535 microcontroller, and Wi-Fi radio. While at the receiver consists of a Wi-Fi receiver and computer. Based on the results of the characterization of the sensors and data acquisition, the dependent between the data obtained by the equation ADC and temperature standard thermometer  $y = 1.0027x + 0.2801$ . At the receiver, systems can work in reading data, display data in graphs and store data in the MySQL database systems. From the results of the ambient temperature telemetry systems calibration against standard measuring instrument obtained correlation value of  $R = 0.9988$ . So the correlation value obtained from this it can be concluded that the telemetry systems as a whole is functioning properly in the ambient temperature measurement data acquisition.

**Keywords:** temperature, telemetry, microcontroller, temperature sensor LM35, WIZ110SR

### **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian untuk membuat sistem sensor dan sistem akuisisi data suhu lingkungan secara telemetri dengan berbasis mikrokontroler dan menggunakan jaringan Wi-Fi. Penelitian ini juga bertujuan untuk membuat perangkat lunak komputer sistem telemetri yang dapat secara real-time melakukan akuisisi data suhu lingkungan. Pemantauan suhu lingkungan secara telemetri sangat penting karena dapat melakukan pengukuran dari jarak jauh dan pada tempat yang tidak terjangkau. Penelitian dilakukan dengan cara merancang, membuat, dan melakukan uji coba sistem telemetri yang terdiri atas dua bagian utama yaitu transmitter dan receiver. Pada bagian transmitter terdiri atas komponen sensor suhu, mikrokontroler ATmega8535, modul WIZ110SR, dan radio Wi-Fi. Sedangkan pada bagian receiver terdiri atas penerima Wi-Fi dan komputer. Berdasarkan hasil pengujian sistem dan karakterisasi sensor, diperoleh persamaan hubungan antara data ADC dan suhu thermometer standar  $y = 1,0027x + 0,2801$ . Pada receiver komputer berhasil melakukan pembacaan data, menampilkan data dalam grafik serta menyimpan data dalam sistem basis data MySQL. Dari hasil kalibrasi sistem telemetri suhu lingkungan terhadap alat ukur standar diperoleh nilai korelasi  $R = 0,9988$ . Sehingga dari nilai korelasi yang diperoleh ini dapat disimpulkan bahwa sistem telemetri secara keseluruhan sudah berfungsi dengan baik dalam melakukan akuisisi data pengukuran suhu lingkungan.

**Kata kunci :** suhu, telemetri, mikrokontroler, sensor suhu LM35, WIZ110SR

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi sensor seperti Micro Electro Mechanical Systems (MEMS), komunikasi nirkabel, sistem tertanam, dan sensor nirkabel telah memberikan kontribusi besar pada Wireless Sensor Networks (WSN) baru-baru ini. Aplikasi jaringan sensor nirkabel ini telah banyak digunakan di berbagai bidang terutama untuk pengawasan dan pemantauan di bidang pertanian dan pemantauan habitat [1].

Sistem pemantauan lingkungan pertanian secara tradisional mendapatkan pasokan listrik dan mengirimkan data dengan menggunakan kabel. Sehingga sangat sulit untuk memperoleh informasi secara *real-time* karena mengalami kesulitan instalasi kabel, biaya investasi yang tinggi, mudah dirusak oleh manusia dan sebagainya. Oleh karena itu untuk memecahkan permasalahan ini, perlu dirancang sebuah sistem nirkabel pemantauan

lingkungan pertanian berbasis jaringan sensor nirkabel untuk memantau suhu dan kelembapan [2].

Di sisi lain dalam melakukan kegiatan pemantauan lingkungan sering terkendala pasokan energi listrik karena perangkat sistem telemetry membutuhkan energi listrik yang besar agar dapat bekerja maksimal. Oleh karena itu keberadaan mikrokontroler memiliki peran yang sangat efektif dalam menghemat energi karena hanya membutuhkan daya yang kecil untuk dapat beroperasi. Mikrokontroler ATmega8535 adalah salah satu jenis mikrokontroler 8-bit teknologi CMOS dengan konsumsi daya rendah ± 5 Volt.

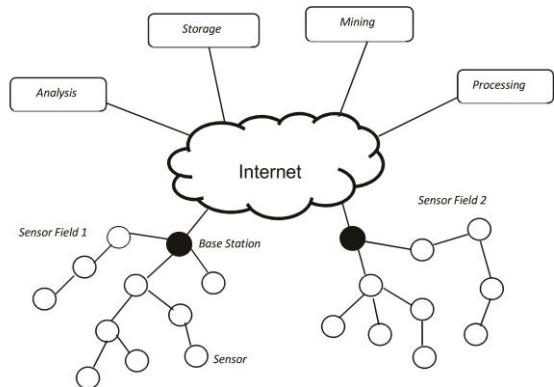
**DASAR TEORI**  
**Sistem Telemetry**

Telemetry adalah penggunaan telekomunikasi untuk merekam dan mengirimkan sinyal pengukuran secara otomatis dari suatu alat ukur yang berada pada jarak jauh. Selanjutnya informasi hasil pengukuran tersebut dikirimkan dengan berbagai cara menuju user [3].

Sistem telemetry bertujuan untuk mengambil suatu data dari tempat yang lokasinya jauh dan mengirimkannya ke stasiun pusat untuk diolah. Penggunaan sistem telemetry banyak dijumpai dalam kehidupan sehari seperti pada pemantauan cuaca, tracking satelit, monitoring kendaraan, monitoring proses industri, dan sebagainya [4].

**Wireless Sensor Networks (WSN)**

Wireless sensor network (WSN) terdiri atas sejumlah sensor yang disebarkan secara acak untuk mengukur parameter fisis lingkungan dan mengirimkan hasil pembacaan sensor secara wireless menuju stasiun pusat [5].



**Gambar 1.** Wireless sensor network [6]

Pada Gambar.1 ditunjukkan dua sensor lapangan yang melakukan pemantauan dua wilayah geografis yang berbeda dan mengirimkan hasil pengukuran tiap-tiap sensor menuju jaringan internet melalui stasiun pusat.

**Sensor Suhu**

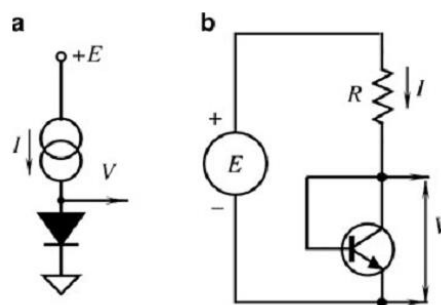
Sensor adalah sebuah alat yang dapat menerima sebuah sinyal atau stimulus dan mengubahnya ke dalam sinyal listrik. Sedangkan sensor suhu adalah sensor yang dapat mengubah perubahan energi thermal objek ke dalam sinyal listrik. Saat sebuah kontak sensor (*probe*) ditempatkan pada objek maka akan terjadi perpindahan kalor secara induksi melalui permukaan antara objek dan *probe* [7].

Sebuah sensor suhu jenis semikonduktor *pn-junction* seperti dioda dan transistor bipolar menunjukkan ketergantungan termal yang cukup kuat. Jika *junction* dibias maju dan terhubung ke pembangkit arus konstan, maka tegangan yang dihasilkan merupakan ukuran suhu *junction* (Gambar 2). Semakin besar suhu maka tegangan pada *junction* semakin kecil.

Hubungan antara temperatur dan tegangan yang melewati *junction* dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{E_g}{q} - \frac{2kT}{q} (\ln K - \ln I) \tag{1}$$

dengan  $E_g$  adalah besarnya energi pada celah pita untuk silikon pada suhu mutlak 0 K,  $q$  adalah muatan sebuah elektron,  $k$  adalah konstanta Boltzmann,  $K$  adalah konstanta temperatur,  $T$  adalah besarnya temperatur dan  $I$  adalah besarnya arus.



**Gambar 2.** (a) *pn-junction* sensor suhu dioda bias maju, (b) rangkaian sensor suhu transistor yang terhubung [7]

### Mikrokontroler AVR ATmega8535

Mikrokontroler adalah sebuah chip tunggal yang di dalamnya berisi berbagai unit penting untuk pemrosesan data (I/O, timer, memori, *Arithmetic Logic Unit* (ALU), perangkat komunikasi serial, dan lain-lainnya sehingga dapat berlaku sebagai pengendali dan komputer sederhana [8].

Mikrokontroler ATmega8535 merupakan jenis mikrokontroler 8-bit teknologi CMOS dengan konsumsi daya rendah dan memiliki fitur yang cukup lengkap karena tersedia ADC internal, EEPROM internal, *Timer/Counter*, PWM, *Analog comparator*, Port USART, Port Antarmuka SPI dan lain-lain [9].

### Analog to Digital Converter (ADC)

*Analog to Digital Converter* (ADC) adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengubah sinyal atau tegangan analog menjadi informasi digital agar bisa diproses di komputer [10].

Di dalam dunia nyata sinyal yang ada masih dalam bentuk sinyal analog. Padahal untuk keperluan pengolahan data, sinyal analog tersebut harus diubah ke dalam sinyal digital terlebih dahulu. Oleh karena itu diperlukan adanya proses konversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital dengan menggunakan perangkat ADC yang ada di dalam mikrokontroler ATmega8535.

Nilai digital sinyal masukan ADC untuk resolusi 8-bit adalah sebagai berikut:

$$\text{Kode digital} = (V_{in} / V_{ref}) \times 256 \quad (2)$$

dengan  $V_{in}$  adalah tegangan input ADC dan  $V_{ref}$  adalah tegangan referensi internal sebesar 2,56V.

### Komunikasi Serial UART

*Universal Asynchronous Serial Receiver and Transmitter* (UART) adalah sebuah perangkat di dalam mikrokontroler yang digunakan untuk melakukan komunikasi data serial.

Perangkat keras UART dapat dibagi ke dalam tiga bagian/blok besar yaitu *transmitter*, *receiver* dan sumber *clock* (*clock generator*). Blok *transmitter* melakukan komunikasi pengiriman data melalui pin TX. Sedangkan

bagian *receiver* melakukan penerimaan data melalui pin RX. Pada blok *clock generator* berhubungan dengan *setting* kecepatan transfer data (*baud rate*).

Pengaturan mode dan prosedur komunikasi UART dilakukan dengan cara pengaturan pada register kontrol UDR, UCSRA, UCSRB, UCSRC, serta UBRRH dan UBRRL.

### Protokol Jaringan

Sebuah komunikasi dapat terjadi karena adanya protokol komunikasi. Protokol (*protocol*) merupakan suatu himpunan aturan yang mengatur komunikasi data. Secara umum protokol pada jaringan mendefinisikan tiga hal utama, yaitu apa yang dikomunikasikan, kapan terjadinya komunikasi, dan bagaimana antar terminal dikomunikasikan [11].

Protokol berfungsi untuk menghubungkan terminal pengirim dan penerima sehingga dalam berkomunikasi dan bertukar informasi dapat berjalan dengan baik dan benar (Kristanto, 2003).

Dari beberapa protokol, TCP/IP menjadi standar protokol yang digunakan pada jaringan internet. Protokol TCP/IP terdiri atas dua protokol yaitu protokol *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *Internet Protocol* (IP). Protokol TCP bertanggung jawab untuk melakukan pengiriman data dari sumber ke tujuan secara benar. Sedangkan Internet Protokol (IP) adalah protokol yang mengatur bagaimana suatu data dapat dikenal dan dikirim dari satu komputer ke komputer lain.

Sebuah alamat TCP/IP terdiri dari 32 bit angka biner yang diberikan ke setiap *host* dalam sebuah jaringan dan terdiri atas dua komponen yaitu *Network ID* dan *Node ID* (*Host ID*). Nilai ini digunakan untuk mengenali jaringan tempat *host* berada dan mengenali nomor unik *host* yang bersangkutan di jaringan tertentu.

### WLAN (*Wireless Local Area Network*)

WLAN sering juga disebut dengan Jaringan Nirkabel atau Jaringan Tanpa Kabel. Jaringan *wireless* menggunakan gelombang radio (RF) atau infrared (IR) sedangkan

jaringan kabel menggunakan kabel sebagai media transmisinya.

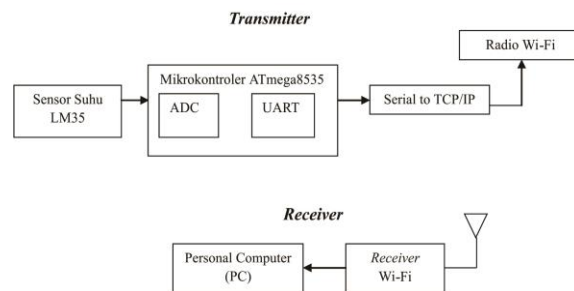
Teknologi *wireless* memiliki fleksibilitas, mengurangi pemakaian kabel dan efisien dalam penginstalan serta mendukung mobilitas. Pada tahun 1990 WLAN mulai dipasarkan dengan produk menggunakan teknik *spread spectrum* (SS) pada pita ISM, frekuensi terlisensi 18-19 GHz dan teknologi IR dengan kecepatan data rate  $\geq 1$  Mbps [12].

IEEE802.11 adalah sebuah standar area lokal jaringan untuk transfer data dengan *bandwidth* yang relatif tinggi antar komputer atau perangkat lain. Kecepatan transfer data berkisar dari 1 Mbps sampai 50 Mbps. Jangkauan transmisinya adalah 300 *feet* atau sekitar 90 meter dengan menggunakan antena standar. Meskipun memiliki kecepatan transfer data cukup tinggi untuk aplikasi sensor nirkabel, tetapi membutuhkan daya yang pada umumnya tinggi juga untuk aplikasi sensor nirkabel [13].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah perancangan, yaitu dimulai dengan mendesain sistem sensor, sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 dan merancang sistem telemetri. Setelah itu baru mengintegrasikan beberapa komponen seperti sensor suhu LM35, sistem minimum mikrokontroler ATmega8535, modul serial to TCP/IP (WIZ110SR), dan radio Wi-Fi. Dilanjutkan dengan perancangan perangkat lunak komputer dan pemrograman pada mikrokontroler dan *receiver* (laptop/PC). Tahap akhirnya adalah pengujian sistem sensor dan akuisisi data, pengujian sistem transmisi, pengujian sistem telemetri dan melakukan kalibrasi data suhu yang diperoleh komputer dengan data termometer standar.

Sistem telemetri dibagi ke dalam dua bagian/blok besar yaitu *transmitter* dan *receiver*. Pada bagian *transmitter* terdiri dari sensor, mikrokontroler, modul serial to TCP/IP, dan radio Wi-Fi. Sedangkan pada bagian *receiver* terdiri dari *receiver* Wi-Fi dan PC. Pada Gambar 3 ditunjukkan diagram blok sistem telemetri pemantauan suhu lingkungan dengan menggunakan mikrokontroler dan jaringan Wi-Fi.



Gambar 3. Diagram blok sistem telemetri

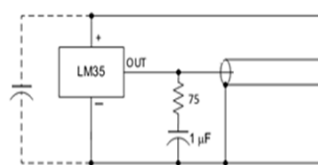
## Rangkaian Sensor LM35

Pada rangkaian sensor digunakan sensor suhu LM35. Sensor suhu LM35 adalah sensor suhu yang dikemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC) dan berfungsi untuk mengkonversi besaran suhu yang diterima menjadi besaran tegangan. Nilai keluaran tegangannya sebanding dengan nilai suhu dalam derajat Celsius. Pada suhu  $+25^{\circ}\text{C}$  sensor ini memiliki kepastian ketelitian sebesar  $0.5^{\circ}\text{C}$ . LM35 tidak memerlukan kalibrasi eksternal karena telah memiliki ketidaklinearan  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  pada temperatur ruangan dan  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$  pada rentang temperatur  $-55$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ . Gambar 4. menunjukkan bentuk fisik dan konfigurasi IC LM35.



Gambar 4. (a) Bentuk fisik IC sensor suhu LM35, (b) Konfigurasi kaki LM35 kemasan plastik TO-92 (LM35CZ, LM35CAZ atau LM35DZ)

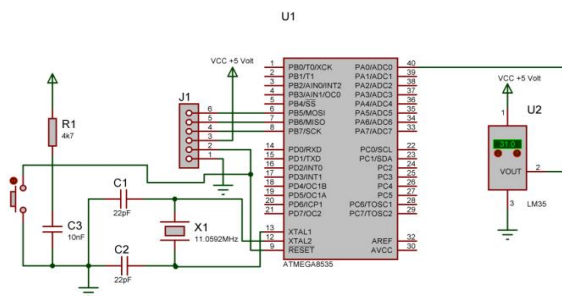
Rangkaian sensor suhu LM35 dapat ditambah dengan peredam sinyal analog dengan cara menambahkan peredam RC yang terdiri dari komponen resistor  $75\ \Omega$  dan kapasitor  $1\ \mu\text{F}$  sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian sensor LM35 dengan peredam RC

### Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Sebuah sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 membutuhkan catu daya untuk operasi mikrokontroler (VCC) yang besarnya  $\pm 5$  V. Memiliki kristal *oscillator* yang berfungsi sebagai referensi kecepatan akses mikrokontroler, referensi *Analog to digital Converter* (ADC) internal, tombol reset, serta port-port input/output. Fungsi utama sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 pada penelitian ini adalah untuk membaca data yang diterima oleh sensor LM35, melakukan konversi ADC dan mengirimkan data tersebut melalui port serial menuju modul WIZ110SR. Rangkaian skematik sebuah sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535 dengan 8-bit ADC ditunjukkan pada Gambar 6.

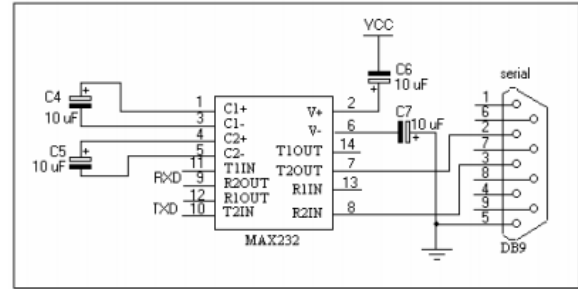


Gambar 6. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler dan sensor LM35

### Rangkaian Komunikasi Serial UART

Rangkaian antarmuka komunikasi serial adalah gerbang komunikasi antara mikrokontroler dan personal komputer. IC RS-232 digunakan sebagai antarmuka (*interface*) dari PC menuju perangkat eksternal atau sebaliknya. Rangkaian ini dibutuhkan untuk menyesuaikan level tegangan logika antara saluran komunikasi serial dengan komputer agar dapat terjadinya komunikasi.

Pada antarmuka serial ini, diperlukan IC MAX232 untuk mengkonversi tegangan outputnya dari 5 Volt menjadi  $\pm 15$  Volt agar kompatibel dengan standar port serial pada komputer.



Gambar 7. Rangkaian antarmuka dengan komunikasi RS-232

Konfigurasi rangkaian antarmuka serial dapat dilihat pada Gambar 7. RXD adalah saluran untuk menerima data serial, sedangkan TXD berfungsi untuk mengirimkan data yang berasal dari mikrokontroler. Pin 7 (T2OUT) dihubungkan dengan pin 2 (RXD) dari DB 9. Sedangkan pin 8 (R2IN) dihubungkan ke pin 3 (TXD) dari DB 9.

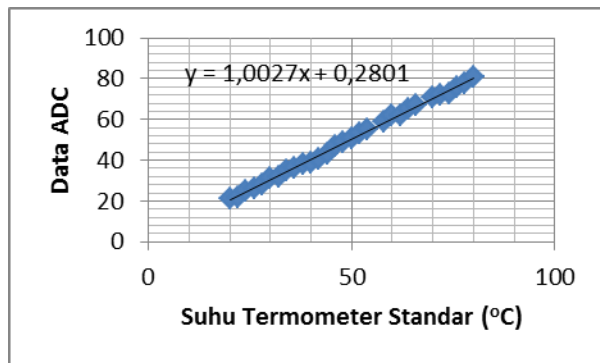
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah sebuah prototipe sistem telemetri dan perangkat lunak pembacaan *socket* TCP/IP yang memanfaatkan teknologi *wireless* untuk mentransmisikan data hasil pengukuran suhu lingkungan dari sensor suhu LM35. Pengujian transmisi data dimulai dengan pengujian bagian-bagian sistem telemetri yaitu sistem *transmitter* dan *receiver*. Kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi antara data ADC dan suhu termometer standar.

### Hasil Pengujian Rangkaian Sensor dan Sistem Akuisisi Data

Pengujian rangkaian sensor dan sistem akuisisi data dilakukan dengan mengirimkan data ADC pada mikrokontroler menuju komputer dengan menggunakan kabel serial to USB. Aplikasi pembacaan data pada komputer dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Delphi 7.

Berdasarkan hasil karakterisasi dengan menggunakan komputer diperoleh sebuah grafik yang menyatakan hubungan antara data ADC dan suhu termometer standar yaitu  $y = 1,0027x + 0,2801$ .



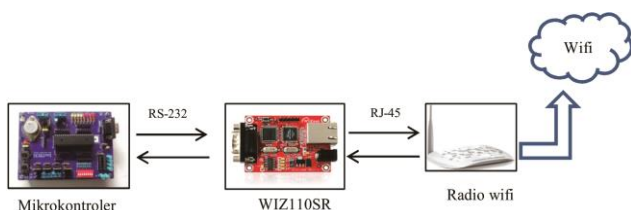
Gambar 8. Grafik karakterisasi data ADC dan suhu termometer standar

Variabel y merupakan data ADC yang terbaca pada komputer sedangkan variabel x adalah suhu pada termometer standar. Pada Gambar 8 ditunjukkan kurva linear yang menyatakan hubungan antara data ADC dan suhu termometer standar.

Apabila persamaan inversi ini dimasukkan ke dalam program aplikasi pembacaan socket TCP/IP maka data yang terbaca di komputer akan menjadi data suhu. Pengujian sistem akuisisi data dimulai dengan pengukuran suhu lingkungan dari 20°C sampai 80°C.

**Hasil Pengujian Sistem Transmisi**

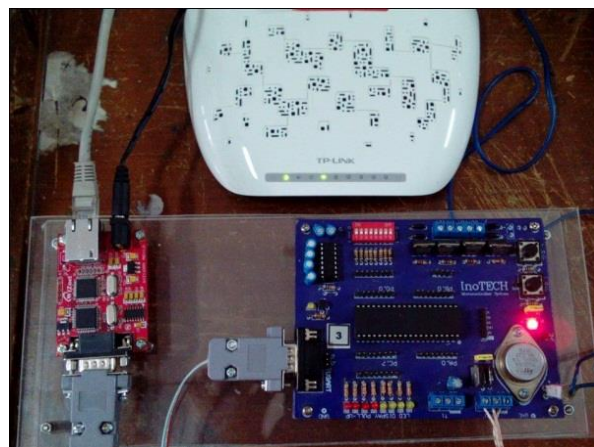
Pengujian sistem transmisi dilakukan dengan cara mengirimkan data angka tertentu dari mikrokontroler menuju komputer dengan menggunakan modul WIZ110SR dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi oleh radio Wi-Fi. Pengujian sistem transmisi diperlukan untuk memastikan sistem telah bekerja melakukan transmisi data sesuai yang diharapkan.



Gambar 9. Diagram blok sistem transmisi

Pada penelitian ini digunakan radio Wi-Fi TD-W8951ND 150Mbps Wireless NADSL2 + Modem Router sebagai access point. Alamat IP pada radio Wi-Fi di-setting dengan alamat IP 192.168.11.1. Pada modul Serial to TCP/IP WIZ110SR dikonfigurasi dengan alamat IP 192.168.11.2 dan port 5000. Sedangkan pada

wireless terminal komputer di-setting dengan alamat IP host 192.168.11.3. Pada Gambar 10 ditunjukkan sebuah prototipe sistem telemetry pengukuran suhu lingkungan.



Gambar 10. Prototipe sistem telemetry pengukuran suhu lingkungan

Setelah dilakukan pengujian, semua komponen dalam sistem transmisi sudah berfungsi dengan sempurna mengirimkan data menuju PC. Pada Tabel 1 ditunjukkan perbandingan data yang dikirim oleh mikrokontroler dengan data yang diterima oleh komputer dengan status Wi-Fi di dalam ruangan.

Tabel 1. Pengujian transmisi data (Wi-Fi Indoor)

Waktu pengambilan data (selama 10 sekon)			Data dikirim mikrokontroler	Data diterima komputer
S1 = 5 m	S2= 10 m	S4= 21 m		
11:37:40-11:37:49	11:40:15-11:40:24	11:47:45-11:47:55	5	5
12:05:41-12:05:50	12:13:12-12:13:21	12:18:08-12:18:17	10	10
12:27:17-12:27:26	12:30:15-12:30:14	12:35:09-12:35:18	20	20
12:43:22-12:43:31	12:45:01-12:45:10	12:49:31-12:49:40	56	56
12:54:02-12:54:11	12:56:14-12:56:23	13:00:16-13:00:25	87	87
13:07:31-13:07:40	13:09:22-13:09:31	13:13:04-13:13:13	100	100
13:35:20-13:35:29	13:40:12-13:40:21	13:50:13-13:50:22	123	123
13:57:45-13:57:54	13:59:16-13:59:25	14:01:01-14:01:10	150	150
14:09:05-14:09:14	14:11:30-14:11:39	14:13:21-14:13:30	250	250
14:21:15-14:21:24	14:23:12-14:23:21	14:28:44-14:28:53	255	255

S : Jarak transmitter dan receiver (meter)

Pada pengujian sistem transmisi, data dikirim dari mikrokontroler dalam jeda waktu (delay) selama 150 ms sedangkan komputer menerima data selama 10 sekon.

Berdasarkan hasil pengujian dengan Wi-Fi diletakkan di dalam ruangan, sistem transmisi data dapat berjalan dengan baik dalam jangkauan maksimal 21 meter. Pada jarak lebih dari 21 meter sinyal Wi-Fi sudah melemah. Apabila Wi-Fi diletakkan di luar ruangan, maka perbandingan data yang dikirim

oleh mikrokontroler dan data yang diterima oleh komputer ditunjukkan oleh Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian transmisi data (Wi-Fi Outdoor)

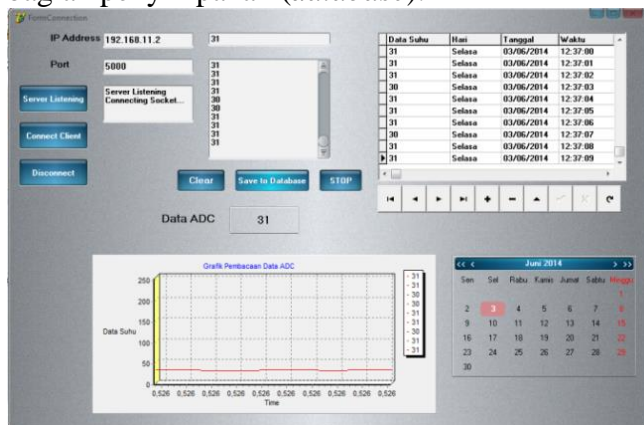
Waktu pengambilan data (selama 10 sekon)			Data dikirim mikrokontroler	Data diterima komputer
S1= 20 m	S3= 60 m	S4= 82 m		
13:20:10-13:20:19	13:25:12-13:25:21	13:30:46-13:30:55	5	5
13:35:11-13:35:20	13:39:16-13:39:25	13:43:06-13:43:15	10	10
13:48:11-13:48:20	13:52:12-13:52:21	13:56:06-13:56:15	20	20
14:00:15-14:00:24	14:05:02-14:05:11	14:09:32-14:09:41	56	56
14:14:12-14:14:21	14:18:24-14:18:33	14:22:16-14:22:25	87	87
14:25:42-14:25:51	14:30:24-14:30:33	15:34:08-15:34:17	100	100
15:40:50-15:40:59	15:47:15-15:47:24	15:51:14-15:51:23	123	123
15:56:04-15:56:13	16:03:16-16:03:25	16:08:01-16:08:10	150	150
16:10:25-16:10:34	16:15:30-16:15:39	16:21:11-16:21:20	250	250
16:24:34-16:24:43	16:29:19-16:29:28	16:36:34-16:36:43	255	255

S : Jarak transmitter dan receiver (meter)

Hasil pengujian kedua dengan Wi-Fi diletakkan di luar ruangan, diperoleh sistem transmisi data dapat berjalan dengan baik mengirimkan data dalam jangkauan jarak transmitter dan receiver maksimal 82 meter. Pada jarak lebih dari 82 meter sinyal Wi-Fi sudah melemah. Secara keseluruhan sistem transmisi sudah berfungsi dengan baik dalam mengirimkan data dan tidak terjadi kesalahan.

### Hasil Pengujian Sistem Telemetry

Pengujian sistem telemetry digunakan untuk mengetahui keberhasilan koneksi komputer terhadap jaringan dan untuk melakukan pengujian program aplikasi pembacaan socket TCP/IP. Program aplikasi ini terdiri atas bagian untuk pembacaan data, bagian menampilkan grafik, dan bagian penyimpanan (*database*).



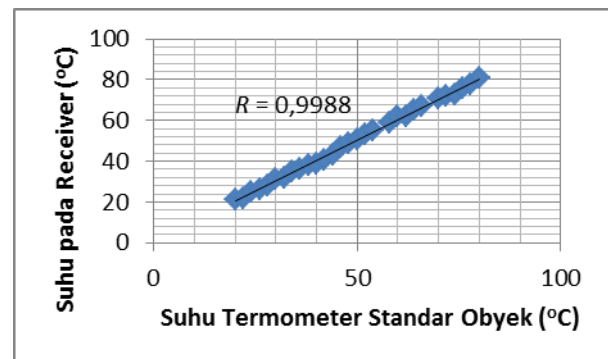
**Gambar 11.** Aplikasi pembacaan socket TCP/IP pada receiver

Gambar 11 menunjukkan hasil akuisisi data pengukuran suhu lingkungan oleh sensor LM35 pada hari Selasa, 3 Juni 2014 di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika.

Pengujian koneksi aplikasi antar muka antara user dan WIZ110SR dilakukan dengan cara memasukkan nomor IP Address dan nomor port sesuai dengan data MAC Address saat konfigurasi modul WIZ110SR. Oleh karena itu alamat IP pada aplikasi pembacaan socket diisi dengan alamat IP **192.168.11.2** dan nomor port **5000**. Berdasarkan hasil pengujian aplikasi pembacaan socket TCP/IP sudah berfungsi dengan baik melakukan pembacaan data, menampilkan dalam grafik, dan menyimpan ke dalam database MySQL.

### Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan cara menguji sistem secara keseluruhan yaitu sistem transmisi dan sistem penerima pada komputer. Sistem transmisi meliputi rangkaian sensor LM35, sistem minimum mikrokontroler, modul serial to TCP/IP (WIZ110SR), dan radio wifi. Sedangkan pada bagian penerima terdiri dari receiver wifi dan PC. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan diperoleh sebuah grafik sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Grafik hubungan suhu pada receiver dan suhu termometer standar

Dari hasil kalibrasi antara data suhu pada receiver dengan data suhu termometer standar diperoleh nilai korelasi  $R=0,9988$  dan error = 0,0012 atau sebesar 0,12%. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan tidak dapat menghasilkan nilai korelasi sempurna  $R=1$  dikarenakan sensor LM35 yang digunakan memiliki error sebesar  $0,5^{\circ}\text{C}$  pada suhu  $+2$  dan  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  pada suhu ruangan. Sedangkan pada rentang suhu  $-55$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$  menghasilkan nilai error  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ . Sehingga dengan demikian nilai error sebesar 0,12%

dalam pengujian menunjukkan bahwa sistem secara keseluruhan sudah berfungsi dengan baik.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan akuisi data diperoleh kesimpulan:

- 1) Sistem telemetry data telah berhasil dibuat dan berhasil mengirimkan data suhu dari sensor suhu LM35 dengan koefisien korelasi linear 0,9988 terhadap termometer standar.
- 2) Sistem telemetry yang dibuat dapat menampilkan dan menyimpan data suhu dalam database komputer serta menampilkan grafik pembacaan pada kecepatan pengiriman 9600 bps.
- 3) Sistem telemetry perangkat lunak pembacaan komputer dapat dibangun dengan menggunakan komunikasi *socket* TCP/IP dengan menggunakan pemrograman Borland Delphi 7, dan dari hasil pengujian tidak terjadi kesalahan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Othman, M.F., dan Shazali, K., 2012 , *Wireless Sensor Network Applications: A Study in Environment Monitoring System*, International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012 (IRIS 2012), Procedia Engineering 41, 2012, 1204 – 1210.
- [2] Zhu, Y., Song, J., Dong, F., 2011, *Applications of wireless sensor network in the agriculture environment monitoring*, International Workshop on Automobile, Power and Energy Engineering, Procedia Engineering 16, 2011, 608 –614.
- [3] Sayood, K., 2003, *Lossless Compression Handbook*. New York : Academic Press.
- [4] Craden F., Jedlicka R., Henry R., 2002 , *Telemetry Systems Engineering*. Norwood : Artech House Inc.
- [5] Guo, J., Zhang, H., Chen, W., 2012, *Location-based Inner-Cluster Data Aggregation for Wireless Sensor Networks*, 2012 AASRI Conference on Modeling, Identification and Control, AASRI Procedia 3 (2012) 523–527. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- [6] Dargie, W., Poellabauer, C., 2010, *Fundamentals of Wireless Sensor Networks Theory and Practice*, United Kingdom, John Wiley & Sons Ltd.
- [7] Fraden, J., 2010, *Handbook of Modern Sensors : physics, designs, and applications*, 4th Edition, New York : Springer Verlag.
- [8] Syahrul, 2012, *Mikrokontroler AVR ATmega8535, Menjelajahi : Prinsip-prinsip, Antarmuka, dan Aplikasi mikrokontroler dengan Assembler (Bahasa Rakitan)*, Bandung : Penerbit INFORMATIKA.
- [9] Bejo, A., 2007, *C & AVR, Rahasia kemudahan bahasa C dalam mikrokontroler ATmega8535*, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [10] Putra, A.E., 2002, *Teknik Antarmuka Komputer: Konsep dan Aplikasi*, Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- [11] Sutanta, E., 2005 , *Komunikasi Data & Jaringan Komputer*, Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- [12] Irawan, B., 2005, *Jaringan Komputer*, Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- [13] Townsend, C., Arms, S., 2003, *Wireless Sensor Networks : Principles and Applications*, MicroStrain, Inc.