

## Sistem Informasi Bencana Banjir (Akuisisi Data Multiple Sensor)

Ma'rifin Ardiansyah <sup>#1</sup>, Taufiqurrahman <sup>#2</sup>, Wahyoe Tjatur Sesulihatien <sup>#3</sup>, Firman Arifin <sup>#4</sup>

<sup>#</sup>Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

<sup>1</sup>marifin.ardiansyah@yahoo.com

<sup>2</sup>taufik@eepis-its.edu, <sup>3</sup>wahyu@eepis-its.edu, <sup>4</sup>firman@eepis-its.edu

### Abstrak

*Pada penelitian ini, akan dibuat sebuah alat yang berguna untuk mengkomunikasikan data data sensor yang telah ada, untuk diolah menjadi sistem informasi bencana banjir. Sensor yang dipakai disini adalah sensor curah hujan dan juga sensor ketinggian level air. Data dari sensor tersebut akan diambil sebuah master dengan komunikasi serial multidrop RS485, dan kemudian data yang diterima master akan dikirimkan ke computer server dengan menggunakan bantuan SMS. Di computer server, akan dilakukan recovery data dengan tujuan menghasilkan data buatan jika sms gagal diterima. Dari pengujian yang dilakukan, di dapat error pengiriman data RS422 sebanyak 0%, error sensor jarak dibawah 3%, error sensor suhu dibawah 1%, dan error sensor curah hujan di bawah 25%*

Kata kunci: SMS, RS485, bencana banjir, master

### 1. Pendahuluan

Dengan semakin berkurangnya daerah resapan air, maka resiko dari bencana banjir akan semakin besar. Salah satu parameter penyebab bencana banjir adalah adanya pintu air yang berguna untuk mengatur air yang keluar dari perkotaan. Karena itu, dibutuhkan sebuah sistem yang bisa mengetahui kondisi di pintu air, terutama untuk ketinggian level air dan juga curah hujan di perkotaan.

### 2. Dasar Teori

Sistim akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Jenis serta metode yang dipilih pada umumnya bertujuan untuk menyederhanakan setiap langkah yang dilaksanakan pada keseluruhan proses.

Suatu sistem akuisisi data pada umumnya dibentuk sedemikian rupa sehingga sistem tersebut berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyimpan data dalam bentuk *fix* yang siap untuk diproses lebih lanjut[1].

### 2.1. Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara. Frekuensi kerja sensor ultrasonik ini ada pada daerah diatas gelombang suara yaitu dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima.

Jarak antara sensor dengan objek yang direfleksikan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L=0.5 \times \text{TOF} \times c \quad (1)$$

Dimana:

L = jarak ke objek

TOF = waktu pengukuran yang diperoleh

c = cepat rambat suara di media penghantar [2]

Untuk penelitian ini, sensor ultrasonic yang kita gunakan adalah sensor ultrasonic (PING))) yang diproduksi oleh Parallax.

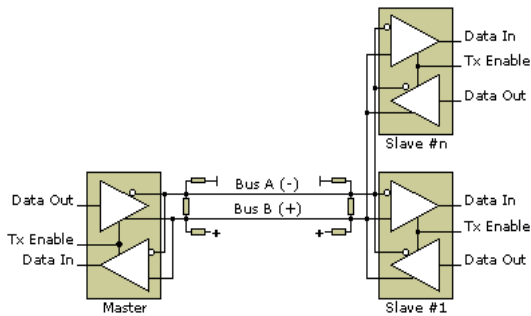


**Gambar 1.** Bentuk sensor Ultrasonic

Sensor ini mempunyai sebuah pin signal sebagai jalur I/O dari sensor. Jarak antara benda terdeteksi dan sensor ultrasonic berbentuk lebar pulsa. Berdasarkan *datasheet* sensor ini bisa medeteksi jarak mulai dari 3cm sampai 350 cm.

### 2.2.Driver RS485

RS485 adalah teknik komunikasi data serial yang komunikasi data dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 Km. Selain dapat digunakan untuk jarak yang jauh teknik ini juga dapat digunakan untuk menghubungkan 32 unit beban sekaligus hanya dengan menggunakan dua buah kabel saja tanpa memerlukan referensi ground yang sama antara unit yang satu dengan unit lainnya.



**Gambar 2.** Konfigurasi RS485 dari master ke slave

Keistimewaan RS-485 ini antara lain terletak pada transmisi diferensialnya (sering disebut juga sebagai balanced transmission). Dalam transmisi diferensial ini level tegangan TTL diterjemahkan menjadi selisih tegangan antara output A dan B. Dengan demikian efek dari noise dapat diminimalkan, karena interferensi noise akan terjadi sekaligus pada jalur output (A) dan jalur complementary output (B) sehingga selisih tegangan antara output A dan B tetap [3].

### 2.3. Mikrokontroler Atmega162 Dan Atmega8

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Mempunyai PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

### 2.4. Short Message Service

Short Message Service (SMS) adalah protokol layanan pertukaran pesan text singkat (sebanyak 160 karakter per pesan) antar telepon Layanan SMS merupakan sebuah layanan yang bersifat *nonreal time* yaitu suatu layanan di mana sebuah *short message* dapat di-submit ke suatu tujuan, tidak peduli apakah tujuan tersebut aktif atau tidak .

### 2.5. Gammu sebagai SMS server

Gammu adalah sebuah project berbasis *command line*, dimana kita bisa mengontrol sebuah modem GSM atau sebuah *handphone*. Library gammu ditulis dalam bahasa C dan bersifat open source sehingga bisa di download secara gratis. Dengan gammu, kita bisa mengakses berbagai macam fitur ponsel atau modem GSM berbagai jenis dan merk.

### 2.6. Real Time Clock (RTC)

Serial RTC (Real Time Clock) merupakan modul penghitung waktu dan penyimpanan data. RTC yang digunakan yaitu RTC dengan antarmuka I2C, yaitu DS1307.

### 2.7. GSM SIM300

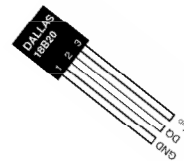
GSM Modem Interface adalah sebuah perangkat yang berfungsi sebagai antarmuka antara GSM Modem SIM300 dengan PC ataupun sistem mikrokontroler. Pengguna dapat mengirimkan perintah-perintah AT Command ke GSM Modem melalui sistem mikrokontroler atau PC [7].



**Gambar 6 .** Modem SIM 300

### 2.8. Sensor Suhu DS20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital yang menyediakan 9-12 bit (dapat diatur) pembacaan suhu dari benda kerja. DS18B20 merupakan sensor yang sangat praktis karena hanya membutuhkan 1 pin I/O saja untuk bisa bekerja sama dengan mikrokontroler dengan menggunakan komunikasi 1 wire. Bentuk sensor DS18B20 adalah sebagai berikut:



**Gambar 7.** Bentuk sensor DS18B08

Sensor suhu digunakan untuk memperhitungkan pengaruh perubahan suhu terhadap kecepatan dari pancaran gelombang ultrasonic dari sensor ultrasonic yang digunakan. Berdasarkan teori tentang kecepatan suara, kecepatan suara pada udara dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain. Yang cukup diperhitungkan adalah perubahan suhu dari udara karena sensor akan ditempatkan di ruangan terbuka yang terkena panas matahari langsung. Perhitungan korelasi antara kecepatan suara dan perubahan suhu adalah sebagai berikut:

$$c_{\text{air}} = (331.3 + (0.606^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \vartheta)) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2)$$

Dimana :  $C_{\text{air}}$  = kecepatan udara di udara.  
 $\vartheta$  = suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ).[8]

### 2.9. Penggunaan Sensor Curah Hujan.

Pada penelitian ini, akan digunakan juga sensor curah hujan sebagai salah satu komponen akuisisi data. Sensor curah hujan yang dipakai adalah sensor curah hujan produk Penelitian dari Misbakhudin (703060032) yang berjudul “Rancang Bangun Perangkat Keras Pengukur Curah Hujan Berbasis Gsm”.

- Mengganti sensor pengukur berat air yang semula *flexiforce*, menjadi *load cell* karena lebih baik untuk menimbang berat air yang ditampung.
- Penggantian minimum sistem dari ATMEGA8535 ke minimum sistem ATMEGA16.
- Penambahan RTC, yang digunakan untuk pewaktuan pengiriman data setiap 24 jam sekali.
- Penggantian penguat yang semula IC TL084 menjadi penguat instrument AD620 yang memang didesain untuk dihubungkan dengan *load cell*.
- Penggantian power supply menjadi tipe *switching* dengan tujuan mengurangi daya yang terbuang sehingga menghemat baterai.
- Perbaikan prosedur koneksi ke GSM modem, sehingga ada tidaknya jaringan dari provider yang digunakan, jumlah pulsa, dan kekuatan sinyal dari modem.
- Perbaikan pada prosedur pengambilan data sensor (sensor suhu LM35 dan *load cell*).

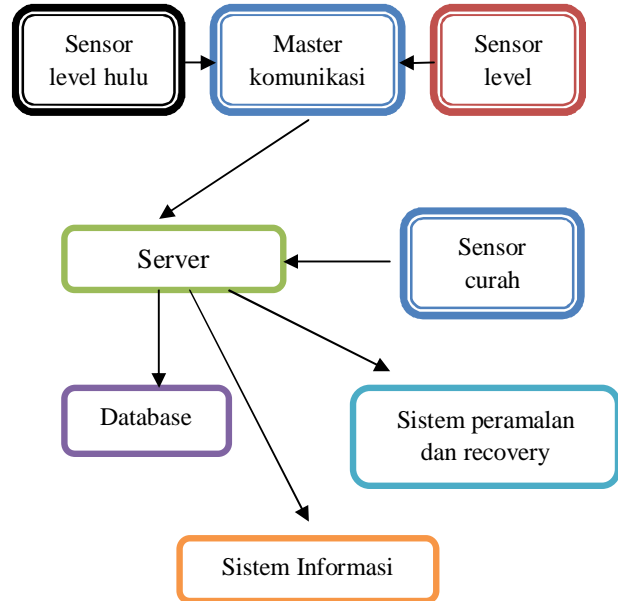
### 3. Perencanaan Sistem

Dalam mendesain sistem ini, sebelumnya telah dilakukan survey ke beberapa pintu air yang ada di Surabaya, antara lain pintu air Jagir, pintu air Gubeng, dan Pintu air Rolax Gunungsari. Dari survey tersebut, ada beberapa hal yang sangat mempengaruhi desain sistem, antara lain:

- Data yang perlu diambil dari pintu air untuk menentukan bukaan pintu, debit air, dan status siaga dari setiap pintu air ada 2, yaitu TMA Hilir dan TMA hulu.
- Penentuan besarnya bukaan pintu, debit air, dan kondisi siaga dari pintu air ditentukan dengan cara *look up table*.
- Dalam kondisi cerah, data TMA, bukaan pintu, dan debit, dicatat setiap 1 jam. Sedangkan jika hujan, data dicatat setiap 15 menit.
- Level siaga dari setiap pintu air berbeda beda.
- Laporan ke kantor pusat (Perum Jasatirta 1) adalah berupa laporan bulanan.

- Suhu udara yang panas di siang hari.
- Seringkali terlihat sampah yang dibawa oleh arus.
- Setiap petugas pintu air menggunakan pesawat telepon untuk berkomunikasi dengan penjaga pintu air lain atau dengan pusat.

Dari survey diatas, bisa ditentukan kebutuhan dari sistem, sehingga bisa ditentukan desain dari sistem total adalah sebagai berikut:

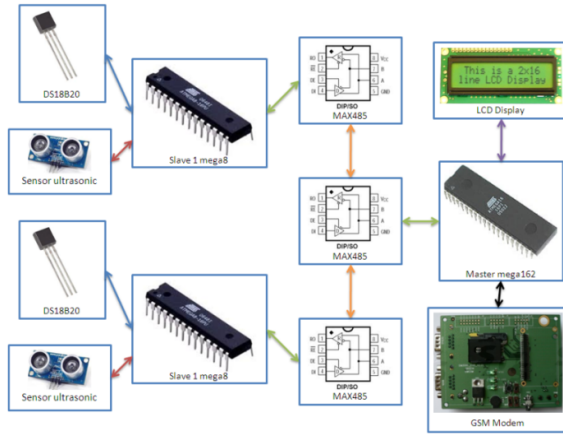


**Gambar 8.** Blok diagram sistem informasi bencana banjir

#### 3.1. Hardware Pengukur Level Air

Dalam system yang akan dibangun, terdapat sebuah konsep *master slave* pada setiap system sensor di pintu air. ATMEGA8 sebagai slave, dan ATMEGA162 sebagai master. Dan sebagai penghubungnya, digunakan komunikasi multidrop RS485 yang bisa mencapai jarak komunikasi hingga 1,2 km. RS485 digunakan disini dengan alasan jika dilakukan pemasangan alat di lapangan, di kwatirkan sensor perlu dipasang pada tempat yang cukup jauh dari tempat peletakan master karena beberapa faktor seperti faktor keamanan dan faktor tempat pemasangan yang mendukung.

Kemudian data data dari sensor yang akan dikirimkan ke server melalui sms gateway dengan menggunakan bantuan modem GSM. GSM modem dan master dari tiap tiap system sensor dihubungkan dengan komunikasi serial RS232. Begitu juga pada server, antara PC server dan GSM modem dihubungkan dengan menggunakan komunikasi serial RS232.



Gambar 9. Konfigurasi Hardware

Pada awalnya, dicoba untuk membuat sensor ultrasonic sendiri atas dasar referensi dari penelitian oleh Harris Pirngadi dan Indarto[9]. Tapi karena troubleshooting nya terlalu memakan waktu, akhirnya diputuskan untuk membeli sensor ultrasonic yang telah ada di pasaran, dengan referensi dari Kyle Haston[10], berdasarkan referensi tersebut, dicoba untuk mengobservasi dari sensor ultrasonic produksi Maxbotix tipe EZ-1 yang di datasheetnya disebutkan bisa mencapai jarak deteksi 6,5 meter. Tapi setelah diobservasi dan dicoba, ternyata sensor ini mempunyai resolusi yang buruk karena jarak yang dikeluarkan lewat serial akan berubah setiap perubahan jarak 1 inchi. Akhirnya, diputuskan memakai sensor ultrasonic produksi PARALLAX dengan tipe PING))). Pertimbangannya selain dari penelitian Kyle Haston, juga ada referensi dari judul penelitian dari mahasiswa dengan nama Dani Wasis Febrianto[11], yang juga menggunakan sensor ultrasonic PING))) untuk mendeteksi ketinggian air.

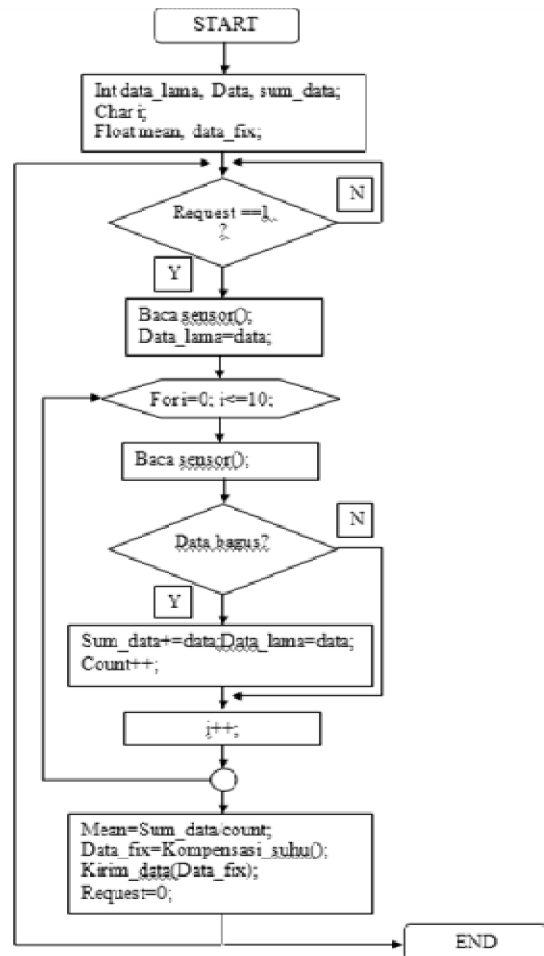
.Modem GSM yang akan digunakan adalah type SIM300C. SIM300C bisa digunakan komunikasi data dengan SMS ataupun dengan GPRS. Tapi disini akan digunakan mode pengiriman data dengan SMS dengan pertimbangan sinyal GSM hampir bisa dipastikan bisa ditemukan di semua daerah, sehingga pemasangan sistem sensor di pintu air tidak akan terkendala masalah sinyal. Berdasarkan referensi dan diskusi dari mahasiswa senior yang pernah menggunakan modem SIM300C mode GPRS, yaitu Moch. Harun Arrosyid[12], jika menggunakan GPRS, seringkali ada beberapa daerah yang tidak tercakup sinyal GPRS. Walaupun ada, pengiriman data dengan GPRS cukup berisiko karena sinyal GPRS sering putus jika ada kendala cuaca.

### 3.2. Komunikasi Serial Rs485 Full Duplex (RS422)

Pada aplikasi ini, digunakan komunikasi RS485 mode full duplex yang memanfaatkan jalur komunikasi kabel. Pemilihan mode full duplex dikarenakan pertimbangan keamanan data, juga untuk optimalisasi dari kabel yang digunakan. Kabel yang dipakai adalah kabel twisted pair yang di dalamnya terdapat 8 jalur kabel, dimana diaplikasi ini 4 jalur digunakan untuk data, dan 2 jalur digunakan untuk jalur power.

### 3.3. Prosedur Pengambilan Data Sensor

Dalam pengambilan data dari sensor level ini, digunakan prosedur sederhana untuk mengolah data dari sensor ultrasonic sebagai sensor level. Prosedur ini digunakan untuk mencegah terjadi error akibat pengambilan data yang terganggu oleh faktor faktor eksternal dari sensor, seperti gejolak air sungai atau akibat sensor mendeteksi benda terbang yang tepat berada di bawah sensor, misalkan serangga.



Gambar 11. Flowchart pengambilan data sensor ultrasonic.

### 3.4. Protokol Komunikasi

1). *Format Pengiriman Data Sensor:* Dalam pengiriman data sensor, data data sensor diolah terlebih dahulu agar data yang dikirimkan tidak terlampaui panjang sehingga bisa mempercepat proses pengiriman data. Data yang dikirimkan adalah data level air dan suhu di udara di dalam sensor level.

Model frame data dalam 1 kali pengiriman data dari slave ke master adalah sebagai berikut:

Format frame	Frame decimal	Frame Karakter
Header	35	'#'
Alamat_slave	65	'A'
Level_byte_besar	50	'2'
Level_byte_kecil	82	'R'
Alamat_slave	65	'A'
Suhu_byte_besar	75	'K'
Suhu_byte_kecil	73	'I'
Thriller	36	'\$'

**Gambar 12.** format tiap frame pada 1 kali pengiriman data sensor

2). *Protokol Komunikasi Serial RS485 full duplex:* Protocol yang dipakai untuk komunikasi antara master dan 2 slave pada sistem ini menggunakan cara *multi state*, dimana setiap byte data yang dikirim dari master dan diterima oleh slave, atau sebaliknya, di cek apakah mempunyai urutan yang benar. Pemilihan metode *multi state* ini digunakan berdasarkan referensi dari Slamet Hariyadi[3], yang dimana dengan method *multi state* tersebut, error data akibat kesalahan pengiriman bisa diminimalisir, walaupun delay yang diakibatkan menjadi sangat besar karena proses request berulang ulang sampai data diterima. Ketika data diterima oleh master, yang juga menggunakan metode *multi state*, data tidak akan langsung diterima mentah mentah oleh master, tapi juga di lakukan pengecekan untuk mengurangi kemungkinan error dari data. Data di cek dengan melihat apakah data yang diterima pada state tertentu masih termasuk pada range data yang telah ditentukan, jika tidak, maka state tersebut dianggap gagal dan tidak memberikan sinyal ke slave untuk berhenti.

3). *Format Pengiriman data dengan SMS:* Dalam aplikasi ini, GSM modem akan mengirimkan data setiap 5 menit sekali. Pewaktuan tersebut di dapatkan dari RTC DS1307. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan data yang bersifat realtime. Sehingga bila data dikonversi dalam bentuk grafik, maka akan didapatkan bentuk grafik yang berbentuk kontinyu.

Format pengiriman data dalam 1 kali pengiriman SMS adalah sebagai berikut:

```
#nama_pintu_air@jam_dan_tanggal@level_hilir@level_hulu@suhu_nodeA@suhu_nodeB@debit_air@tinggi_bukaan$
```

Contoh dari pengiriman data tersebut adalah sebagai berikut:

```
#A@13:45:23 12-01-11@254@023@027.12@027.40@052.00@0123$
```

### 3.5. Metode Statistik Untuk Recovery Data

Untuk proses recovery data dan peramalan status siaga dari pintu air, akan digunakan 2 macam metode statistik sederhana, yang kemudian hasilnya akan dibandingkan antara metode 1 dengan metode yang lain sehingga bisa di dapat method terbaik yang bisa digunakan untuk proses peramalan dan recovery data ini. Metode yang dipakai antara lain:

- **Regresi Linear :** Salah satu alasan untuk menggunakan regresi linear dalam penelitian ini adalah dengan melihat grafik hasil pengambilan data sampel di 3 pintu air yang telah dilakukan sebelumnya. Dengan menggunakan data rata-rata tiap 10 menit untuk waktu 2 jam, bisa dilihat bahwa regresi linear dianggap mencukupi untuk proses peramalan data ini, walaupun ada beberapa data yang bisa dianggap terlalu jauh dari jalur regresi. Hasil pengujian dari data sampel dengan spss untuk salah satu level hilir adalah sebagai berikut:

**Table 1.** Tingkat pengaruh variable x terhadap y

Model Summary <sup>a</sup>					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.964 <sup>a</sup>	.930	.927	6.28957	.338

a. Predictors: (Constant), x

b. Dependent Variable: y

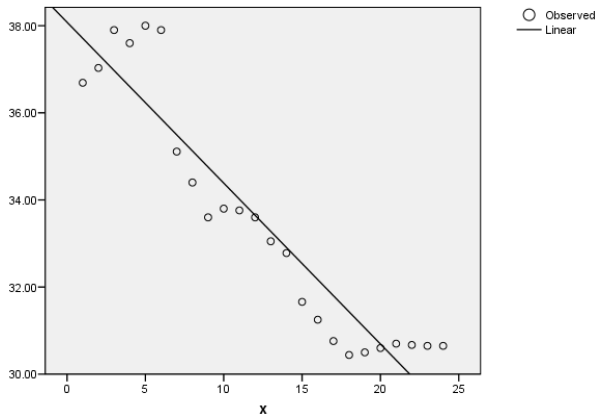
**Table 2.** Tabel untuk mengetahui keberpengaruh variabel dan koefisien regresi

Coefficients <sup>a</sup>								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	x	3.170	.185	.964	17.09	.000	2.785	3.554
	(Constant)	157.0	2.650		59.23	.000	151.476	162.468

a. Dependent Variable: y

Dari *output SPSS* diatas bisa dilihat bahwa nilai *RSquare* adalah 0.884 , sehingga bisa dilihat bahwa nilai x mempengaruhi nilai y sebesar 88.4 % , dan bisa disimpulkan bahwa pengaruh x terhadap y sangat besar. Kemudian untuk nilai signifikansi, bisa dilihat pada Sig. nilainya kurang dari 0.05 sehingga

bisa disimpulkan bahwa ada pengaruh antara variable urutan data (x) dan variable suhu hulu (y).



**Gambar 14.** Grafik hasil model regresi data suhu di Pintu air Jagir

- Untuk penelitian ini, *moving average* yang digunakan adalah *moving average* sederhana (*Simple Moving Average*), karena semua data dianggap penting, sehingga data hasil *moving average* sebelumnya akan digabungkan dengan data dari sms yang diterima, kemudian data data tersebut akan di rata rata kembali untuk mendapatkan hasil dugaan. Nilai prediksi yang baik adalah prediksi yang memiliki tingkat kesalahan terkecil. Ada banyak penghitungan tingkat kesalahan, salah satunya MSE (*Mean Squared Error*) yakni rata-rata kuadrat kesalahan. Persamaan dari MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum (X_i - F_i)^2}{n} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:  $X_i$  = data actual ke-i  
 $F_i$  = data hasil SMA ke-i

Dari tabel 3 diatas bisa diketahui bahwa simple moving average dengan periode 5 memberikan data yang paling bagus diantara periode simple moving average lain, sehingga simple moving average periode 5 akan digunakan untuk recovery data bersama dengan regresi linear yang telah dibahas sebelumnya.

3.6. Database

Data base yang digunakan adalah database buatan dari gammu sebagai sms server, dimana di dalam database tersebut ditambah dengan berbagai macam table yang digunakan untuk menyimpan data data hasil regresi dan database untuk buffer data data *website*.

**Tabel 3.** Table untuk mencari orde moving average dengan error kuadrat terkecil terbaik

No.	Data	SMA (5)	e <sup>2</sup>	SMA (7)	e <sup>2</sup>	SMA (9)	e <sup>2</sup>
1	170						
2	170						
3	171						
4	171						
5	171						
6	172	171	3				
7	175	171	13				
8	177	172	21	171	27		
9	181	173	68	172	80		
No.	Data	SMA (5)	e <sup>2</sup>	SMA (7)	e <sup>2</sup>	SMA (9)	e <sup>2</sup>
10	183	175	64	174	84	173	101
11	188	178	120	176	166	174	195
12	190	181	89	178	145	177	186
13	194	184	111	181	183	179	249
14	196	187	78	184	150	181	225
15	199	190	81	187	151	184	236
16	204	194	104	190	183	187	283
17	218	197	437	194	579	190	748
18	223	202	419	199	586	195	777
19	230	208	493	204	713	200	940
20	231	215	262	209	474	205	687
21	226	221	22	215	128	210	264
22	226	226	0	219	51	214	152
23	226	227	1	223	15	217	87
24	227	228	2	226	1	220	38
Ke-25		227		227		223	
MSE			126		206		323

4. Pengujian Dan Analisa

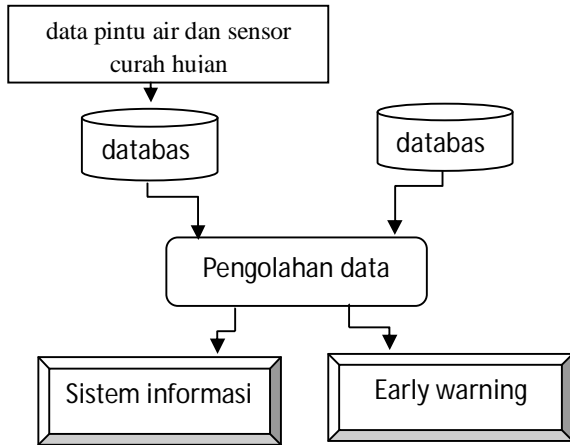
4.1. Pengujian Sensor Ultrasonic

1) *Pengujian sensor di permukaan benda padat:*

Dalam pengujian kali ini, data yang dibandingkan ada 2, yaitu data yg jarak pembacaan ultrasonic murni, dan data pembacaan ultrasonic yang telah terkompensasi suhu. perbedaan antara pembacaan sensor ultrasonic murni dengan data pembacaan sensor ultrasonic yang terkompensasi suhu mempunyai perbedaan yang tidak begitu besar. Yang cukup mecolok pada data diatas adalah perbedaan dari pengukuran jarak us dan jarak asli pada pengukuran jarak dibawah 2 cm. Hal ini



dikarenakan karakteristik dari PING))) itu sendiri yang memang mempunyai batasan minimal pengukuran 3 cm.



Gambar 15. Perancangan Software

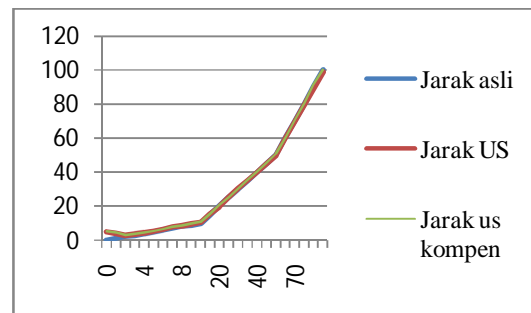
Dibawah 3 cm, maka error yang dihasilkan akan sangat besar karena dengan jarak yang sangat dekat, gelombang ultrasonic yang dipancarkan oleh transmitter telah dipantulkan terlebih dahulu sebelum bisa di deteksi oleh *firmware* dari sensor ultrasonic PING))). Juga pada beberapa kasus pengambilan data, data pembacaan sensor tanpa kompensasi suhu malah lebih bagus dari pada pembacaan sensor yang menggunakan kompensasi suhu. Hal ini terjadi karena persamaan kompensasi yang digunakan masih bersifat linear, persamaan ini mengambil referensi dari internet, tepatnya di Wikipedia.org. Di situ dibahas, sebenarnya korelasi antara suhu dan kecepatan rambatan gelombang, tidak bersifat linear. Perumusan yang bersifat linear tersebut di ambil dari persamaan asli dengan menggunakan deret Taylor, dengan tujuan untuk mempermudah perhitungan dari kompensasi. Data dari pembacaan ultrasonic pada bidang pantul padat adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pembacaan sensor ultrasonic pada permukaan padat.

No	Jarak	Jarak US	Jarak kompen	Suhu
1	0	4.9	4.96	29,93
2	1	4.1	4.18	30,06
3	2	2.9	2.93	29,87
4	3	3.5	3.5	29,812
5	4	4.3	4.38	29,812
6	5	5.3	5.42	29812
7	6	6.3	6.35	30
8	7	7.7	7.8	30

9	8	8.6	8.75	30,125
10	9	9.7	9.78	30,125
11	10	10.7	10.85	30,125
12	15	15.7	15.86	30,25
13	20	20	20.49	31,187
14	25	25.2	25.2	31,437
15	30	30.3	30.6	31,187
16	35	35.2	35.67	31,312
17	40	40.1	40.66	31,687
18	45	45	45.54	31,687
19	50	49.9	50.63	32
20	60	59.7	60.65	31.937
21	70	69.6	70.65	31.875
22	80	79.6	80.7	31,875
23	90	89.1	91.4	32,0
24	100	98.9	100.4	32

Berikut hasil pengujian yang disaian dalam grafik:



Gambar 16 . Pembacaan sensor US dalam grafik.

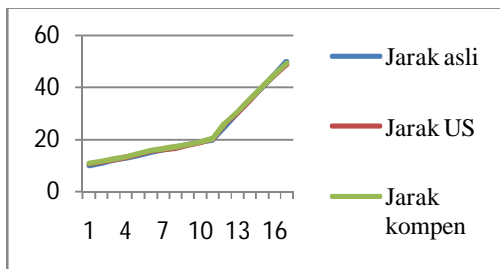
2) *Pengujian sensor di permukaan air:* Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor ketika mendeteksi permukaan zat cair. Pengujian ini dilakukan dengan memantulkan gelombang dari sensor ultrasonic ke permukaan air yang diberi riak kecil dengan menggunakan tangan. Didapat data pengambilan ultrasonic yang cukup bagus karena selisih antara pembacaan sensor dan tinggi sebenarnya tidak terpaut terlalu jauh. Efek riak air pada permukaan benda cair dicoba dikurangi dengan cara pengambilan sensor ultrasonic beberapa kali, kemudia hasilnya dirata rata.

Table 5 Hasil pengujian sensor ultrasonic untuk permukaan zat cair.

No	Jarak	Jarak US	Jarak Kompen
1	10	10,7	10,9
2	11	11,5	11,6

3	12	12,3	12,5
4	13	13,2	13,4
5	14	14,4	14,5
6	15	15,5	15,7
7	16	16,3	16,5
8	17	16,8	17,2
9	18	17,9	18,1
10	19	18,7	18,9
11	20	20,1	20,3
12	25	25,9	26,1
13	30	30,1	30,5
14	35	34,8	35,2
15	40	40	40,2
16	45	44,6	44,8
17	50	48,8	49,2

Berikut hasil penyajian dalam bentuk grafik:



**Gambar 17 .** Grafik pengujian sensor ultrasonic untuk permukaan cair.

Dari data diatas, metode sederhana ini bisa disimpulkan cukup berhasil untuk mengatasi riak air.

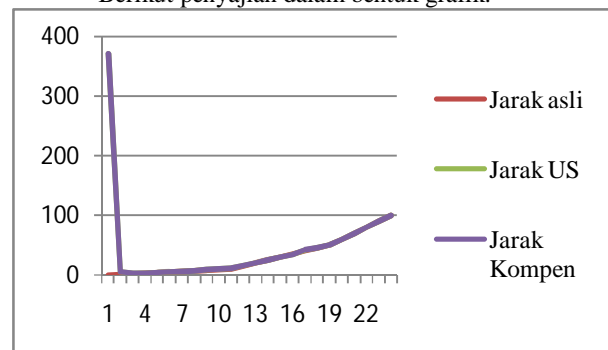
3) *Pengujian di dalam pipa:* Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari dinding dalam pipa terhadap data sensor ultrasonic. Disini dikhawatirkan akibat dinding pipa, data dari sensor ultrasonic akan berkurang ke presisiannya, akibat sudut disperse yang dipasaka menyempit.. Pengujian di dalam pipa ini dilakukan dengan cara meletakkan benda padat di dalam pipa PVC ukuran 6 inchi, dan memasang sensor ultrasonic di depan lubang pipa. Benda padat tersebut di dorong semakin ke dalam untuk mengubah jarak antara benda padat dengan sensor ultrasonic. Dari hasil pengujian tersebut, di dapat hasil yang cukup bagus, karena selisih antara jarak asli dengan dengan pembacaan ultrasonic mempunyai selisih yang tidak begitu besar. Berarti bisa dibilang bahwa sudut dispersi dari penyebaran gelombang ultrasonic tidak dipengaruhi dinding pipa. Kemungkinan hal tersebut dikarenakan sudut pantul antara permukaan dalam pipa dan gelombang ultrasonic tidak 90° dan selalu kurang dari 30° sehingga gelombang ultrasonic yang dipantulkan pipa tidak dipantulkan kembali ke receiver. Sehingga, gelombang yang diterima receiver ultrasonic hanya benda yang tepat berada di depan transmitters ultrasonic, yaitu permukaan benda padat

yang digunakan dalam ujicoba. Hasil pengujian sensor ultrasonic pada pipa adalah sebagai berikut:

**Table 6** Hasil pengujian sensor ultrasonic di dalam pipa dengan bidang pantul benda padat..

No	Jarak asli	Jarak US	Jarak Kompen
1	0	371,5	371,7
2	1	5,2	5,5
3	2	3,1	3,3
4	3	3,5	3,8
5	4	4,4	4,7
6	5	5,5	5,7
7	6	6,3	6,6
8	7	7,3	7,5
9	8	8,7	8,9
10	9	9,7	9,9
11	10	10,7	10,9
12	15	16,1	16,3
13	20	20	20,3
14	25	25,1	25,3
15	30	30,0	30,1
16	35	34,8	35
17	40	41,9	42,2
18	45	45	45,2
19	50	50,1	50,3
20	60	59,7	59,9
21	70	69,5	69,8
22	80	79,8	80
23	90	89,9	90,1
24	100	100	100,2

Berikut penyajian dalam bentuk grafik:



**Gambar 18.** Grafik Pengujian sensor di dalam pipa.

#### 4.2. Pengujian Sensor Suhu DS18B02

Dari pengukuran dan perbandinagn dengan alat ukur yang telah ada dilab maka didapat table perbandinagn nilai dari suhu pada sensor suhu DS18B20 dengan thermometer alkohol. Hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 yang dibandingkan dengan thermo infrared adalah sebagai berikut:



**Table 7.** Hasil perbandingan sensor suhu DS18B20 dengan thermometer infrared.

No.	Termometer	DS 18B20	Error
1	30	30	0.00%
2	31	30.75	0.81%
3	32	32	0.00%
4	33	33.13	0.38%
5	34	34.06	0.18%
6	35	35	0.00%
7	36	35.93	0.21%
8	37	36.9	0.27%
9	38	38.02	0.05%
10	39	39.13	0.32%
11	40	40	0.00%
12	41	41	0.00%
13	42	41.82	0.43%
14	43	43.13	0.29%
15	44	44.06	0.14%
16	45	45	0.00%
17	46	46.13	0.27%
18	47	46.93	0.16%
19	48	48	0.00%
20	49	49.02	0.04%
21	50	50	0.00%
22	51	50.88	0.25%
23	52	52.06	0.12%
27	56	56.06	0.11%
28	57	57.06	0.11%
29	58	58.13	0.22%
30	59	59.06	0.11%
31	60	59.94	0.11%

Dari data hasil pengujian, terlihat bahwa terdapat selisih yang cukup kecil antara keluaran dari DS18B20 dengan pembacaan dari thermometer alkohol sehingga bisa didapatkan pembacaan sensor suhu DS18B20 yang bisa dianggap akurat.

#### 4.3. Pengujian Komunikasi Serial RS485

Pengujian digunakan untuk menguji persentase keberhasilan pengiriman data dari slave ke master. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan data dari slave ke master sebanyak 1000 kali dengan cara mengubah panjang kabel dengan kenaikan 10 m. Sehingga efek drop tegangan akibat resistansi

kabel bisa dilihat. Data pengujian untuk RS485 adalah sebagai berikut:

**Table 8.** Hasil percobaan untuk uji coba RS485

No.	Panjang kabel	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Error rata-rata
1	10 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
2	20 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
3	30 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
4	40 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
5	50 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
6	60 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
7	70 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%
8	80 M	1000	1000	1000	1000	1000	0%

Dari data diatas, terlihat bahwa komunikasi serial RS485 half duplex sangat tahan terhadap perubahan panjang kabel hingga 80 m. Masalah utama pada komunikasi dengan kabel, yaitu tegangan yang drop akibat resistansi kabel bisa diatasi dengan mudah oleh RS485 karena mode pengiriman data tegangan differensial yang dimilikinya. Untuk driver yang digunakan di sini, yaitu MAX485, tegangan threshold yang adalah -0.2 v sampai 0.2 v. Jika tegangan komunikasi mencapai daerah itu, maka logika nya tidak akan dikenali, sehingga komunikasi dianggap error. Tapi hal tersebut tidak terjadi, karena kebetulan panjang kabel untuk pengujian hanya mencapai panjang maksimal 80 meter saja. Untuk datasheet dari MAX485, jarak komunikasi maksimal yang bisa dicapai adalah 1,2 Km.

#### 4.4. Pengujian GSM

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari GSM modem ketika diberi perintah AT command, dan juga reaksi dari GSM modem ketika mengirim atau menerima SMS. Dari perintah yang dicoba dimasukkan di GSM modem, akan ada balasan dari modem yang menunjukkan bahwa perintah tersebut berhasil dieksekusi atau tidak. Jika perintah berhasil dilakukan, maka akan ada balasan "OK", jika command yang dimasukkan salah, maka akan ada balasan "ERROR". Ketika awal kita menghubungkan GSM modem, sebenarnya secara otomatis, GSM modem akan mendeteksi baudrate yang kita pakai, sehingga kita tidak perlu men-setting baudrate secara manual. Tapi jika baudrate mempunyai setting yg salah, maka awal dari perintah yang kita berikan akan muncul karakter yang asing, yaitu bukan karakter yang kita ketikkan. Sehingga modem akan mengirim pesan error. Tapi setelah beberapa kali mencoba, Akhirnya modem bisa mengenali baudrate yang kita pakai.

Tampilan dari hyperterminal yang dilakukan dalam proses ujicoba GSM modem ini akan terlihat sebagai berikut:

```
at
OK
at+ipr=?
+IPR: ( ), (0, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200)
OK
at+ipr=2400
OK
at+cmgf=1
OK
+CMTI: "SM",1
at+cmgr=1
+CMGR: "REC UNREAD", "6285648156419", "11/01/17, 19:40:55+28"
#REC2011-12-23 12:12:12@452@023@254@231@542@562@1$
OK
at+cmgd=1
OK
at+cmgr=1
OK
-
```

**Gambar 19.** Tampilan hyperterminal hasil uji coba GSM modem.

Pada perintah awal, kita mengetikkan perintah “at” yang digunakan untuk test apakah baudrate kita sudah dikenali oleh GSM modem. Jika baudrate cocok dan perintah tidak error, maka akan muncul pesan “OK”.

Kemudian pada perintah selanjutnya, yaitu “at+ipr=?”, perintah tersebut digunakan untuk mengetahui berapa baudrate yang bisa digunakan untuk komunikasi ke GSM modem. Dari perintah itu, GSM modem akan memberikan balasan baudrate yang bisa kita gunakan. SIM300 bisa disetting hingga baudrate 115200.

Kemudian, kita mensetting baudrate ke nilai 2400. Nilai tersebut digunakan karena ketika dihubungkan dengan GUI, jika baudrate terlalu tinggi, pembacaan dari GUI seriang berjalan tidak sempurna. Sehingga kadang berhasil, tapi kadang juga gagal. Setting baudrate secara manual dilakukan dengan perintah “at+ipr=2400”. Jika proses berhasil akan muncul pesan “OK”.

Kemudian mode dari data input dan output dari mode disetting ke format text, sehingga proses pengiriman SMS dan pembacaan SMS bisa dilakukan dengan mudah. Cara mensetting untk merubah ke mode text adalah dengan memberikan nilai 1 pada perintah “at+cmgf=”. Jika kita memberi nilai 0, maka mode akan pindah ke mode PDU.

Ketika modem GSM kita menerima SMS, maka modem kita akan memberikan pesan “+CMTI: “SM”,x”, dimana x adalah tempat nomor inbox penyimpanan pesan baru kita. Dari contoh yg terlihat di gambar diatas, pesan baru dari modem disimpan di inbox 1. Kemudian untuk membacanya, kita perlu memberikan perintah “at+cmgr=x”, dimana x adalah nomor inbox yang akan kita baca. Kemudian modem akan memberikan data inbox kita beserta nomor pengirim dan waktu pengiriman.

Kemudian, agar mempermudah dalam pembacaan isi inbox, maka kita harus selalu memastikan bahwa kita

harus selalu membaca inbox dari nomor inbox 1. Jadi setelah inbox kita baca, kita harus menghapus pesan kita. Proses menghapus pesan dilakukan dengan perintah “at+cmgd=x”, dimana x adalah nomor inbox kita.

#### 4.5. Pengujian Gammu Sebagai SMS Server

Ketika service gammu diaktifkan, pada *taskmanager*, di bagian grafik *pagefile* akan langsung melonjak hingga mencapai selisih 700Mb. Hal ini menunjukkan bahwa *services* gammu merupakan aplikasi yang cukup berat dan tidak disarankan untuk server dengan spesifikasi rendah.

Untuk pengujian gammu, dicoba untuk mengirimkan sms terus menerus dari 3 nomor yang berbeda, sebanyak total 300 sms dalam waktu kurang dari 10 menit. Setelah 1 jam pengujian, diharapkan sms yang masuk ke inbox berjumlah sama dengan sms yang dikirim. Berikut ini adalah hasil uji coba gammu untuk 3 kali percobaan dengan menggunakan provider 3:

**Table 9.** hasil ujicoba flooding sms dari node R

Percobaan	Jumlah dikirim	Jumlah diterima	% Loss
1	100	73	27%
2	100	74	24%
3	100	99	1%

**Table 10.** hasil ujicoba flooding sms dari node S

Percobaan	Jumlah dikirim	Jumlah diterima	% Loss
1	100	90	10%
2	100	90	10%
3	100	97	3%

**Table 11.** hasil ujicoba flooding sms dari node T

Percobaan	Jumlah dikirim	Jumlah diterima	% Loss
1	100	60	40%
2	100	60	40%
3	100	94	6%

Dari hasil uji coba diatas, terlihat bahwa sms yang masuk ke *database* gammu saat ujicoba flooding sms tidak 100% bisa masuk ke *database* gammu. Ada kemungkinan sms tersebut pending ada sudah masuk ke modem, tetapi gammu tidak bisa menerima pesan tersebut, karena datang secara bersamaan, sehingga ada pesan yang didahulukan, sedangkan yang lainnya terpaksa di abaikan.

Walaupun ada efek penggunaan mode gammu, yaitu sifat gammu *runonreceive* yang mengsekusi file .php yang juga memerlukan waktu untuk menyelesaikan proses, tetapi file .php tersebut akan mengsekusi semua file yang masuk ke *database inbox* dan akan melakukan parsing data satu persatu, sehingga bisa di bilang tidak akan bermasalah di sisi *runonreceive*.

#### 4.6. Pengujian Sensor Curah Hujan

Yang membuat alat ini perlu di uji kembali adalah karena perubahan dan perbaikan yang dilakukan kepada sensor dikhawatirkan akan merubah hasil pembacaan sensor. Hasil pengujian sensor adalah sebagai berikut:

**Table 11.** Tabel hasil pengujian sensor curah hujan

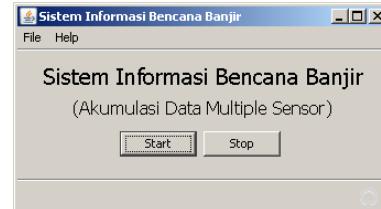
No	Volume asli	Volume pembacaan sensor	% Error	
1	50	55	10.0	%
2	100	111	11.0	%
3	150	136	9.3	%
4	200	245	22.5	%
5	250	253	1.2	%
6	300	300	0.0	%
7	350	353	0.9	%
8	400	421	5.3	%
9	450	476	5.8	%
10	500	557	11.4	%
11	550	584	6.2	%
12	600	610	1.7	%
13	650	666	2.5	%
14	700	700	0.0	%

Dari hasil pengujian diatas, simulasi curah hujan yang dilakukan dengan cara mengguyurkan air dengan alat bantu, akan membuat pembacaan nilai dari ADC berubah rubah, tapi tidak terlalu signifikan, karena penggunaan alat bantu akan membuat air secara pelan pelan akan mengalir ke penampungan, sehingga tidak membuat air di dalam penampung terganggu. Berbeda jika kita langsung memasukkan air tanpa alat bantu, hal tersebut akan mengakibatkan wadah penampungan air terganggu, sehingga pembacaan nilai ADC tidak akan akurat, karena hasil pembacaan yang terus bergerak.

#### 4.7. Pengujian Graphical User Interface

Ketika aplikasi java yang kita buat sudah terkoneksi ke database dari gammu, maka kita baru

bisa masuk ke aplikasi yang kita buat. Jika database belum ada atau gagal terkoneksi, maka aka ada peringatan bahwa database kita belum terinstal di computer. Jika sudah bisa masuk ke aplikasi java yang kita buat, maka halaman yang kita lihat adalah sebagai berikut:



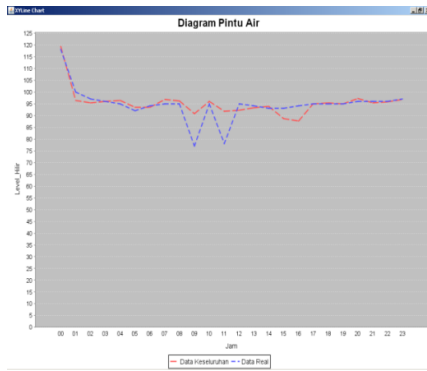
**Gambar 20.** Halaman utama dari aplikasi java.

Pada aplikasi tersebut, terdapat tombol start dan stop. Tombol start di tekan untuk memulai proses statisifikasi data. Sedangkan tombol stop digunakan untuk menghentikan proses tersebut. Kemudian untuk halaman yang berikutnya adalah table dari data data yang telah ada. Tampilan dari table tersebut berada di gambar 4.5. Dari table tersebut di bisa dilihat combo box yang pilihanya dibuat fix, sedangkan isi dari tanggal dibuat berdasarkan yang data data yang terekam di database.

Id	Level Hilir	Sumber Data
9716	97.82	regresi
9717	98.03	regresi
9718	102	sms
9719	99.27	regresi
9720	99.58	regresi
9721	100.02	regresi
9722	100.38	regresi
9723	100.74	regresi
9724	104	sms
9725	102.88	regresi
9726	102.5	regresi
9727	102.95	regresi
9728	103.35	regresi
9729	103.7	regresi
9730	104	sms
9731	104.28	regresi
9732	105.07	regresi
9733	105.49	regresi
9734	105.88	regresi
9735	106.24	regresi
9736	105	sms
9737	106.51	regresi
9738	107.13	regresi

**Gambar 21.** Halaman table dari aplikasi java.

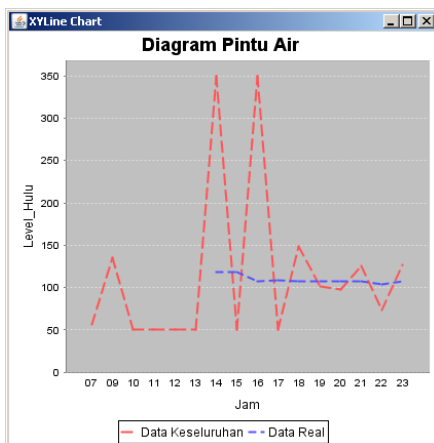
Halaman yang terakhir adalah halaman grafik dari aplikasi java yang telah dibuat. Grafik disini menggunakan library *jfreegraph* yang ditampilkan setiap jama selama 1 hari penuh. Di grafik terdapat 2 garis, dimana garis berwarna hijau merupakan garis yang dibentuk dari data hasil sms. Sedangkan garis berwarna merah merupakan garis yang dibentuk dari data gabungan regresi dan sms. Halaman grafik bisa dilihat di gambar 4.6.



Gambar 22. Halaman table dari aplikasi java.

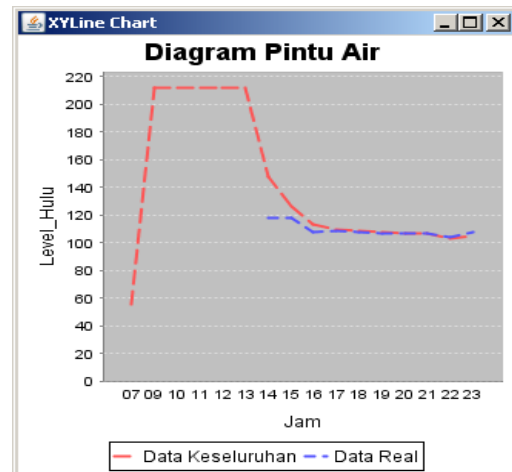
#### 4.8. Pengujian Recovery Data

Pengujian alat di pintu air dimulai pada hari Selasa tanggal 27 Juni 2011 sampai hari Jumat tanggal 1 Juli 2011. Hardware master diletakkan di ruangan genset, karena di ruangan tersebut terdapat stop kontak AC dan tidak mengganggu petugas dari pintu air, karena kabel yang digunakan bisa dilewatkan di tempat yang tidak banyak dilewati orang. Grafik dari uji coba di Pintu Air Jagir untuk hari pertama adalah sebagai berikut:



Gambar 23. Gambar grafik hari pertama di level Hulu Jagir dengan recovery regresi.

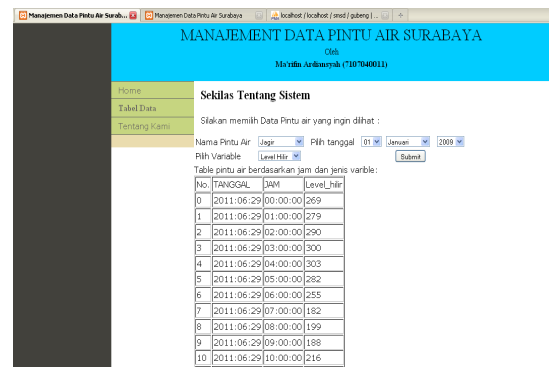
Sedangkan untuk grafik dari *moving average*, grafik yang dihasilkan cenderung mengikuti grafik dari input sms. Karena *moving average* adalah sistem recovery yang mengambil nilai rata rata beberapa data terakhir, sehingga yang diambil adalah nilai tengah dari data data tersebut.



Gambar 24. Gambar grafik hari pertama di level hulu Jagir dengan recovery *moving average*.

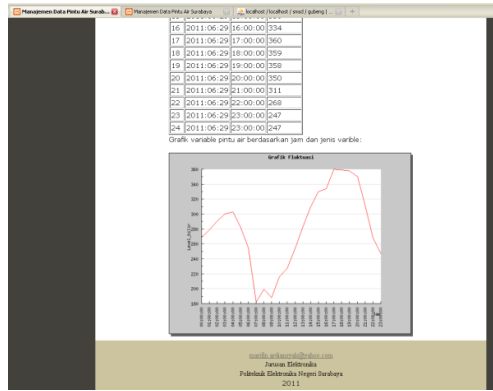
#### 4.9. Pengujian Web Sebagai Sistem Informasi

Web yang dikembangkan di sini, berbasis html dan php yang bekerja bersamaan dalam memanipulasi data yang diambil dari sever. Web table.dwt.php adalah halaman utama karena berisi table dan grafik yang menjadi halam utama dari web ini.



Gambar 25. Gambar halaman table

Jika data dari sms tidak ada dan data hasil regresi juga tersedia, kemungkinan karena computer yang lambat sehingga proses regresi dari aplikasi yang dijalankan tidak bekerja dengan baik.



Gambar 26. Gambar grafik

Gambar diatas adalah grafik dari data recovery dan data dari sms. Data dari sms akan lebih diutamakan pada hal ini, karena data dari sms adalah data yang benar benar bisa dianggap riil. Jika data dari sms tidak ada, maka akan digantikan oleh data hasil dari proses recovery, pada kasus ini akan diambilkan data dari regresi.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil ujicoba, sementara bisa didapat beberapa kesimpulan, yaitu:

- Penggunaan sensor ultrasonic untuk pembacaan level air bisa dilakukan, dan sangat bagus untuk permukaan air yang tenang dan tidak banyak berfluktuasi.
- Penggunaan sensor suhu DS18B20 sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan kepresisian tinggi karena bisa mendeteksi perubahan data secara cepat dengan akurasi yang cukup bagus.
- Penggunaan komunikasi serial RS422 untuk komunikasi jarak jauh sangat bagus, hanya saja untuk masalah efisiensi kabel masih kurang karena untuk jalur data memerlukan 4 kabel.
- Untuk aplikasi lapangan, kabel komunikasi akan sangat baik jika ditanam di dalam tanah, agar tidak terinjak ataupun tersangkut oleh orang yang lewat.
- Untuk aplikasi lapangan, terutama yang berhubungan dengan air, kita perlu memperhatikan perhatian lebih pada perlindungan hardware terhadap kelembaban dan basah. Panas dari hardware bisa dipakai untuk mengurangi kelembaban tersebut.
- Dalam menghubungkan modem GSM dengan mikrokontroler, sebelum masuk ke program utama, terlebih dahulu harus memastikan kondisi modem telah terhubung dengan benar, jaringan provider yang kita pakai ada di daerah tersebut, dan kekuatan sinyal bagus untuk mengirim signal.
- Untuk setiap mengawali recovery data, jika alat sudah dipasang di pintu air, akan sangat baik

jika mengambil data sampel kembali dan mengirimkannya ke server dengan sms karena proses regresi dan *moving averagem* membutuhkan data sample baru untuk setiap kali awal pemasangan.

- Untuk recovery data, *moving average* menghasilkan bentuk grafik yang lebih baik dari pada grafik regresi. Atau dengan kata lain, *recovery* data dengan *moving average* lebih bisa digunakan untuk menggantikan data yang hilang.
- Penggunaan gammu sebagai sms server tidak disarankan untuk aplikasi yang bersifat membanjiri suatu nomor dengan sms yang banyak dan dari beberapa nomor pengirim, karena kemungkinan data hilang akibat gammu yang membutuhkan waktu untuk menangani sebuah proses sms.
- Penggunaan sensor curah hujan pada aplikasi yang nyata justru akan memberikah hasil bagus karena air yang masuk ke penampungan akan mengalir dengan tenang dan tidak menimbulkan guncangan pada penampung, sehingga pembacaan ADC cenderung stabil.

## Daftar Pustaka

- [1] <http://yuliahernawati.students-blog.undip.ac.id/2010/03/23/data-sistem-akuisi-pengolahan-data-dan-serial-sinkron/>, diakses tanggal 25 Januari 2011.
- [2] Sigit, Riyanto. 2007, Robotika, Sensor, & Aktuator. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [3] Hariyadi, Slamet, 2010, Aplikasi RS485 dan Wireless Pada Sistem BAS (*Building Automation System*), Surabaya: PENS-ITS
- [4] *Datasheet: 8 bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash, Atmega162 Atmega 162L*, Atmel Corporation.
- [5] *Datasheet: 8 bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash, Atmega8 Atmega 8L*, Atmel Corporation
- [6] Musbhikin, 2010, Rancang Bangun Multipoint Timer Berbasis ATMEGA mikrokontroler Untuk Aplikasi Manajemen Listrik Rumah Tangga, Surabaya: PENS-ITS
- [7] Misbakhudin, 2009, Rancang Bangun Perangkat Keras Pengukur Hujan Berbasis GSM, Surabaya: PENS-ITS
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Speed\\_of\\_sound](http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound), diakses tanggal 16 Januari 2011.
- [9] Pirngadi, Harris., Indarto, 2003. Desain Dan Pengujian Tranduser Ultrasonik Untuk Pengukuran Level Air Pada Saluran Terbuka, Surabaya: JURNAL TEKNIK GELAGAR.
- [10] Haston, Kyle, 2007. Ultra-Sonic Micro Sensor Comparison Project. Arizona: University of Arizona

- [11] Febrianto, Dani Wasis. 2009. Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Untuk Antisipasi Banjir. Surabaya: PENS-ITS
- [12] Arrosyid, Moch, Harun. 2009. Implementasi Wireless Sensor Network Untuk Monitoring Parameter Energi Listrik Sebagai Peningkatan Layanan Bagi Penyedia Energi Listrik. Surabaya: PENS-ITS