

Perancangan Dan Analisa Output Rangkaian Signal Conditioning Analog Melalui Mikrokontroler ATmega8535 Untuk Stasiun Cuaca

Dikdik Krisnandi
Pusat Penelitian Informatika - LIPI
dikdik@informatika.lipi.go.id

Abstract

Weather station is an instrumental-based system to monitor physical condition of atmosphere at some region at a given time or in short-term period maximum in daily observation. The related experiment's measurement usually uses several factors such as: temperature, air pressure, humidity, wind's velocity, wind's direction, and number of precipitation. This paper is written based on the research about Remote Terminal Unit using microcontroller for weather station. The research itself uses temperature and wind's velocity sensor. This paper will be only focused on sensor and how system read output of sensor in a form of microcontroller modules. The purpose of this paper is analyzing the output of analog signal series using microcontroller ATmega8535. The experiment shows that the measurement value with accuracy two digits after decimal points is acquired by using 10 bit Analog to Digital Converter register. Furthermore, it also discovers that double amplification of input tension on analog conditioning signal is enough for microcontroller input. The applied programming still uses procedural technique considering the goal's simplicity.

Keywords: Signal Conditioning Analog, Mikrokontroler ATmega8535, Weather Station

Abstract

Stasiun cuaca adalah suatu fasilitas dengan instrumen pengamatan kondisi fisik atmosfer suatu lokasi pada saat tertentu atau dalam periode jangka pendek (maksimum harian). Pengukuran biasanya dilakukan terhadap salah satu atau beberapa besaran berikut, yaitu: suhu, tekanan udara, kelembaban, kecepatan angin, arah angin, dan jumlah precipitation. Penelitian ini mengembangkan Remote Terminal Unit berbasis mikrokontroler untuk stasiun cuaca. Dalam kegiatan tersebut, sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan sensor kecepatan angin. Tulisan ini memfokuskan pada bagian sensor dan sistem pembacaan output sensor yang berupa modul mikrokontroler. Tujuan tulisan ini adalah untuk menganalisa output rangkaian sinyal analog menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Berdasarkan percobaan, diperoleh bahwa penggunaan register Analog to Digital Converter 10 bit dapat menghasilkan nilai pengukuran dengan akurasi hingga 2 angka di belakang koma. Selain itu, dengan penguatan tegangan input 2 kali pada sinyal analog terbukti cukup untuk pembacaan sinyal oleh mikrokontroler. Pemrograman yang dilakukan masih menggunakan teknik prosedural dengan mempertimbangkan kesederhanaan tujuan program.

Kata kunci: Signal Conditioning Analog, Mikrokontroler ATmega8535, Stasiun Cuaca

1. Pendahuluan

Fenomena perubahan iklim yang ekstrem terjadi saat ini di seluruh dunia. *Early warning system* hasil pemantauan atas perubahan cuaca yang terjadi menjadi topik yang menarik untuk dikembangkan karena dapat menekan kerugian yang ditimbulkan.

Tulisan ini merupakan salah satu bagian dari penelitian mengenai stasiun cuaca. Stasiun cuaca adalah suatu fasilitas dengan instrumen dan peralatan untuk mengamati kondisi fisik atmosfer pada suatu lokasi atau wilayah pada saat tertentu atau dalam periode jangka pendek (maksimum harian).

Pengukuran biasanya dilakukan terhadap salah satu atau beberapa besaran berikut, yaitu: suhu, tekanan udara, kelembaban, kecepatan angin, arah angin, dan jumlah curah hujan [1].

Kegiatan penelitian ini akan mengembangkan stasiun cuaca dengan bentuk fisik berupa *Remote Terminal Unit* (RTU). RTU ini nanti akan berisi slot untuk sensor, mikrokontroler, dan *embedded Personal Computer* (PC) yang memiliki kemampuan otomatis untuk membaca keluaran sensor, melakukan logging, dan berkomunikasi dengan sistem pusat. Alasan penggunaan mikrokontroler adalah karena rangkaian yang digunakan sederhana dengan konsumsi daya yang relatif kecil, multi fungsi, telah mendukung aplikasi yang terhubung ke jaringan komputer dan yang tidak kalah penting adalah mikrokontroler dengan biaya yang relatif murah lebih tahan terhadap kondisi perubahan lingkungan yang ekstrem.

Penelitian mengenai pembacaan data sensor dengan output sinyal analog menggunakan mikrokontroler, telah dilakukan sebelumnya oleh Robert dan Hiskia [2]. Mereka berusaha untuk melakukan pembacaan hasil pengukuran sensor suhu, yang memiliki kisaran pengukuran 29-33 °C. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian tersebut adalah ATME1 8951C dan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa *assembler*. Hasil yang mereka peroleh adalah nilai digital dengan nol angka di belakang koma. Sehingga akurasi pengukurannya masih dirasakan kurang oleh Robert dan Hiskia.

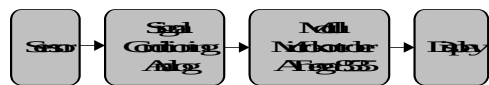
Fokus tulisan ini adalah pada bagian sensor dan sistem pembacaan output (berupa modul mikrokontroler) dari sensor suhu dan sensor kecepatan angin, yaitu bertujuan untuk menganalisa output rangkaian *signal conditioning* analog menggunakan mikrokontroler ATmega8535.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Sistem

Ada beberapa sensor dan *device* yang digunakan dalam stasiun cuaca yang sedang dikembangkan tersebut. Pada makalah ini

hanya dibahas dua buah sensor saja yang digunakan yakni sensor suhu (tipe WE700) dan sensor kecepatan angin (tipe WE550) produksi Global Water Inc, yang mana kedua sensor tersebut merupakan sensor yang biasa digunakan untuk pemantauan cuaca. Fokus tulisan adalah bagaimana data yang masih berupa sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor suhu dan sensor kecepatan angin tersebut dapat dibaca dengan benar oleh mikrokontroler. Diagram sistem yang dibuat adalah seperti pada Gambar 1.



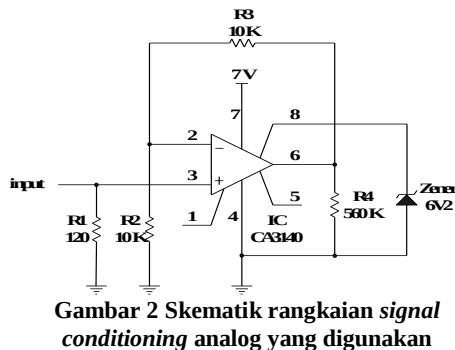
Gambar 1 Blok diagram sistem

Dari blok diagram sistem pada Gambar 1, dapat dijelaskan bahwa sensor akan menerima fenomena alam yang terjadi dan meneruskan informasi tersebut dalam bentuk sinyal analog. Sinyal analog tersebut kemudian ditangkap oleh rangkaian *signal conditioning* analog. *Signal conditioning* mengacu pada operasi yang dilakukan pada sinyal untuk mengkonversikannya ke bentuk yang cocok agar dapat berinteraksi dengan unsur-unsur lain dalam proses kontrol loop [3]. Oleh rangkaian *signal conditioning* analog tersebut input yang berasal dari sensor akan diubah menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Modul mikrokontroler telah diisi dengan program yang sesuai dengan aturan matematis untuk kemudian hasil eksekusinya ditampilkan ke *display*. Output dari modul mikrokontroler ATmega8535 itu sendiri menggunakan standar RS232 yang kemudian hasilnya dapat dikirim baik melalui kabel ataupun tanpa kabel. Jika tanpa kabel tentu saja digunakan rangkaian tambahan agar hasilnya dapat dipancarkan melalui pesawat pemancar.

2.2 Rangkaian *Signal Conditioning Analog*

Permasalahan yang dihadapi mikrokontroler adalah bahwa modul mikrokontroler ATmega8535 hanya dapat menerima input berupa tegangan 0 V – 5 V.

Sedangkan output dari sensor suhu dan sensor kecepatan angin berupa arus 4 mA – 20 mA. Untuk menyelesaikan masalah ini digunakan signal conditioning jenis analog. Pengkondisian sinyal yang dilakukan adalah jenis *amplifying* (penguatan) [4]. Komponen yang digunakan dalam *signal conditioning* analog menggunakan *operational amplifier* (op-amp) CA314 yang merupakan pengali 2 sehingga nilai outputnya akan 2 kali lebih besar dibandingkan nilai inputnya. Sebuah penguat operasional, atau op-amp, adalah suatu penguat diferensial yang memiliki *gain* yang sangat tinggi dengan impedansi input yang tinggi dan impedansi output yang rendah [4]. Gambar 2 menunjukkan skematik rangkaian *signal conditioning* analog yang digunakan.



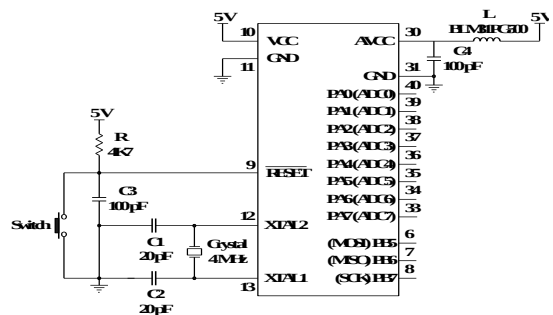
2.3 Rangkaian Modul Mikrokontroler and Display

Output dari sensor suhu dan kecepatan angin yang berupa arus antara 4 mA – 20 mA akan dilewatkan pada resistor 120 Ω pada rangkaian *signal conditioning* analog sehingga menjadi tegangan input (V_i). Nilai V_i ini akan masuk ke op-amp di kaki *non inverting* untuk dikuatkan $2\times$. Tegangan hasil penguatan tersebut berkisar antara 0,9 V – 4,8 V sehingga sudah memenuhi syarat untuk menjadi input mikrokontroler. Uraian lengkap tentang perhitungan tersebut akan dijelaskan kemudian.

Sampai saat ini, kami mencoba untuk menguji sistem pada modul mikrokontroler dengan cara memberikan input dari DC

Current (*current calibrator*). *Current calibrator* yang digunakan adalah Lutron tipe CC-421 sebagai pengganti input sinyal analog dari sensor suhu dan sensor kecepatan angin. Output *current calibrator* diset berupa arus sebesar 4 mA – 20 mA yang masuk ke dalam rangkaian *signal conditioning* analog. Oleh *signal conditioning* analog, arus yang masuk diubah menjadi tegangan sebesar 0 V – 5 V. Tegangan ini yang masuk ke modul mikrokontroler. Skematik dari modul mikrokontroler ATmega 8535 yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3 [5].

Untuk melihat hasil yang didapat dari perubahan akibat setting arus dari *current calibrator* digunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) tipe JHD 204A. LCD jenis ini memiliki 20 kolom dan 4 baris karakter.



2.4 Software

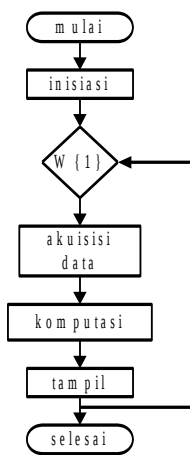
Dalam perancangan *software*, dibuat diagram alir seperti pada Gambar 4, untuk memandu pembuatan *listing program*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah dengan bahasa C.

Terdapat 4 proses yang terjadi pada program, yaitu :

- Proses inisialisasi, dilakukan untuk melakukan pengaturan *register* yang diperlukan bagi mikrokontroler untuk membaca input sinyal analog dan untuk mendeklarasikan variabel yang digunakan untuk pengolahan data.
- Proses akusisi data, dilakukan untuk membaca sinyal analog pada kanal

input, yang merupakan output dari *signal conditioning* analog. Akusisi data dilakukan sebanyak 1000 kali untuk kemudian di rata-rata.

- c. Proses komputasi, dilakukan untuk mengkonversi data ADC menjadi data pengukuran sensor, sesuai dengan persamaan grafik konversi sensor (baik itu sensor suhu maupun sensor kecepatan angin)
- d. Proses tampil, dilakukan untuk menampilkan data pada LCD, dengan memperhatikan nilai negatif, positif, dan satuan nilai pengukuran.



Gambar 4 Diagram alir program pada mikrokontroler

2.5 Pengujian

Untuk pengujian digunakan *signal conditioning* analog dengan jenis penguatan 2 kali dan *setting* tegangan input 7,1 V. Mikrokontroler yang digunakan ATmega8535 dengan *crystal* 4 MHz dan register 10 bit. *Display* menggunakan LCD tipe JHD 204A. Untuk DC *current calibrator* digunakan Lutron tipe CC-421. Untuk bahasa pemrograman digunakan bahasa C dan *compiler*-nya menggunakan AVRCodeVision. Dari hasil percobaan akan dapat dilihat perubahan nilai apakah telah sesuai dengan yang diharapkan. Sebagai pembanding, untuk output sensor suhu, kami menggunakan 2 buah *thermometer* ruangan, yakni yang bertipe analog maupun digital

sehingga akan terlihat jika ada perbedaan nilai dari alat tersebut.

3 Hasil dan Pembahasan

Untuk mengkonversi nilai arus analog yang keluar dari sensor hingga *Analog to Digital Converter* (ADC) dalam program, perlu dibuat model matematisnya terlebih dahulu [6]. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut ini.

3.1 Sensor Suhu

Spesifikasi sensor suhu yang digunakan adalah output sensor 4,064 mA (-58 °F = -50 °C) s.d 18,997 mA (122 °F = 50 °C) dengan tipe *precision* RTD dan akurasi: 0,1 °C.

Untuk arus input 4,064 mA:

$$V_{in} = \text{arus input} \times \text{tahanan pada rangkaian } \textit{signal conditioning} \text{ analog}$$

$$V_{in} = 4,064 \text{ mA} \times 120 \text{ } \Omega = 487,68 \text{ mV}$$

V_{in} akan masuk ke penguat: $2 \times$ sehingga

$$V_o = 487,68 \text{ mV} \times 2 = 975,36 \text{ mV}$$

Mencari output ADC di mikrokontroler ATmega8535 (10 bit)

$$\begin{aligned} \text{ADC} &= \frac{V(\text{mV})}{5.000(\text{mV})} \times 1023 \\ &= \frac{975,36 \text{ mV}}{5.000 \text{ mV}} \times 1023 \\ &= 199,754 \rightarrow -50 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Untuk arus input 18,997 mA:

$$V_{in} = \text{arus input} \times \text{tahanan pada rangkaian } \textit{signal conditioning} \text{ analog}$$

$$V_{in} = 18,997 \text{ mA} \times 120 \text{ } \Omega = 2.279,64 \text{ mV}$$

V_{in} akan masuk ke penguat: $2 \times$ sehingga

$$V_o = 2.279,64 \text{ mV} \times 2 = 4.559,28 \text{ mV}$$

Mencari output ADC di mikrokontroler ATmega8535 (10 bit)

$$\begin{aligned} \text{ADC} &= \frac{V(\text{mV})}{5.000(\text{mV})} \times 1.0 \\ &= \frac{4.559,28}{5.000\text{mV}} \\ &= 933,741 \rightarrow 50^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Dalam kaitannya dengan uraian perhitungan di atas maka digunakan regresi linier untuk mendapatkan persamaan matematikanya. Alasan penggunaan regresi linier pada persoalan ini adalah:

- 2 Sensor yang digunakan bertipe *precision Resistance Temperature Detector* (RTD) yang memiliki prinsip: kenaikan resistansi logam (*metal*) yang sebanding dengan kenaikan suhu.
- 3 Regresi mampu mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifat numerik
- 4 Dapat membentuk hubungan antara variabel terikat (Y; respon) dengan satu atau lebih variabel bebas (X; prediktor)

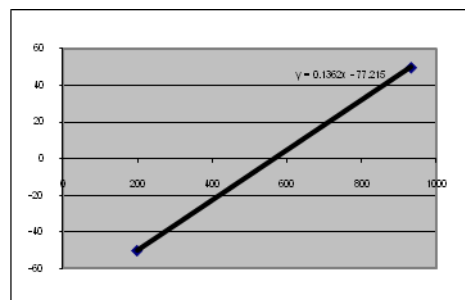
Dari hasil perhitungan didapat:

$$x_1 = 199,754, \quad x_2 = 933,741, \quad y_1 = -50, \quad \text{dan} \quad y_2 = 50$$

sehingga dengan menggunakan regresi linier diperoleh persamaan:

$$y = 0,1362x$$

Grafik persamaan yang digunakan adalah XY (*Scatter*) *chart*. Alasan penggunaan *chart* ini adalah data dapat menampilkan dan membandingkan nilai numerik sebagai koleksi poin, masing-masing memiliki nilai satu variabel untuk menentukan posisi pada sumbu horisontal dan satu nilai dari variabel lain menentukan posisi pada sumbu vertikal. Grafik konversi suhu berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik konversi suhu berdasarkan hasil perhitungan

3.2 Sensor Kecepatan Angin

Spesifikasi sensor kecepatan angin yang digunakan adalah output sensor 4,002 mA (0 mph = 0 km/jam) s.d 20,009 mA (110 mph = 177,028 km/jam) dengan akurasi 0,322 km/jam selama rentang 17,703 km/jam s.d 88,514 km/jam

Untuk arus input 4,002 mA:

$$V_{\text{in}} = \text{ arus input} \times \text{tahanan pada rangkaian signal conditioning analog}$$

$$V_{\text{in}} = 4,002 \text{ mA} \times 120 \, \Omega = 480,24 \text{ mV}$$

$$V_{\text{in}} \text{ akan masuk ke penguat: } 2 \times \text{ sehingga}$$

$$V_o = 480,24 \times 2 = 960,48 \text{ mV}$$

Mencari output ADC di mikrokontroler ATmega8535 (10 bit)

$$\begin{aligned} \text{ADC} &= \frac{V(\text{mV})}{5.000(\text{mV})} \times 1.0 \\ &= \frac{960,48}{5.000\text{mV}} \\ &= 196,706 \rightarrow 0 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Untuk arus input 20,009 mA:

$$V_{\text{in}} = \text{ arus input} \times \text{tahanan pada rangkaian signal conditioning analog}$$

$$V_{\text{in}} = 20,009 \text{ mA} \times 120 \, \Omega = 2.401,08 \text{ mV}$$

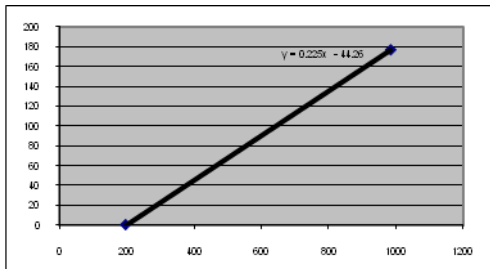
$$V_{\text{in}} \text{ akan masuk ke penguat: } 2 \times \text{ sehingga}$$

$$V_o = 2.401,08 \text{ mV} \times 2 = 4.802,16 \text{ mV}$$

Mencari output ADC di mikrokontroler ATmega8535 (10 bit)

$$\begin{aligned} \text{ADC} &= \frac{V(\text{mV})}{5.000(\text{mV})} \times 1.0 \\ &= \frac{4.802,16\text{V}}{5.000\text{mV}} \\ &= 983,482 \rightarrow 177,023 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Grafik konversi kecepatan angin berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik konversi kecepatan angin berdasarkan hasil perhitungan

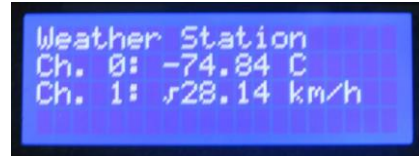
Sebagai pembanding, digunakan hasil percobaan menggunakan input arus sinyal analog menggunakan *current calibrator* Lutron tipe CC-421 untuk mendapatkan nilai dalam konversi nilai yang akan dimasukkan dalam *listing program*. Hal ini dilakukan dengan cara melihat langsung hasil yang tercatat pada LCD berdasarkan input yang diberikan oleh *current calibrator*.

3.3 Tampilan pada Display

Tampilan pada *display* dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 terlihat untuk output sensor suhu menunjukkan suhu yang sesuai dengan kondisi ruangan pada saat itu (Ch. 0). Tetapi untuk sensor kecepatan angin (Ch. 1) terjadi nilai yang tidak diinginkan. Pada saat tidak ada angin (sensor dianggap belum bekerja), *display* yang merupakan output dari mikrokontroler seharusnya menunjukkan nilai -50°C untuk Ch. 0 dan 000.00 km/jam untuk Ch. 1. Tapi kenyataannya menunjukkan hal berbeda.

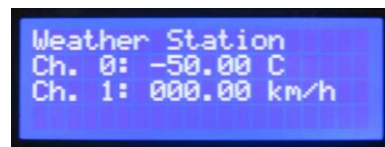
Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa pada channel 0 (Ch. 0) menunjukkan $-74,84^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada channel 1 (Ch. 1) terdapat

karakter yang tidak dikenal dan kecepatan angin menunjukkan $28,14 \text{ km/jam}$. Padahal pada saat tersebut kedua sensor belum disambungkan dengan rangkaian *signal conditioning* analog sehingga seharusnya tampilannya adalah seperti pada Gambar 8. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi kesalahan pembacaan.



Gambar 7 Hasil tidak sesuai dengan yang diharapkan

Jika sensor angin sudah mulai bekerja maka *display* menunjukkan hasil sesuai dengan keadaan sebenarnya (lihat Gambar 9). Suhu menunjukkan $27,2^{\circ}\text{C}$ dan kecepatan angin menunjukkan $7,93 \text{ km/jam}$ sesuai dengan kecepatan angin pada saat itu. Sehingga untuk kasus ini perlu dilakukan analisa penyebab munculnya karakter dan nilai yang tidak dikehendaki seperti pada Gambar 7.



Gambar 8 Hasil yang seharusnya



Gambar 9 Hasil yang sebenarnya

3.4 Analisa Hardware

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa output tegangan dari mikrokontroler ATmega 8535 sama dengan $5,035 \text{ V}$. Sedangkan tegangan output pada pin *display* menunjukkan $5,017 \text{ V}$. Ini berarti tegangannya sudah sesuai dengan yang diharuskan.

Hanya saja pada saat sensor belum dipasang berarti kondisi input masih dalam keadaan mengambang, yang berarti nilai output dari *signal conditioning* analog tidak dapat dijadikan acuan oleh mikrokontroler. Untuk itu perlu adanya bantuan alat berupa kalibrator untuk membuat kondisi input sama dengan 4,0 mA. Sebagai pengganti masukan sinyal analog dari sensor suhu dan sensor kecepatan angin digunakan output dari DC Current (*current calibrator*). Penggunaan kalibrator tersebut membuat tidak terjadi nilai mengambang dan membuat mikrokontroler memberikan nilai yang semestinya.

3.5 Analisa Software

Analisa *software* dalam hal ini adalah dengan mencoba mencari solusi melalui perbaikan *source code*. *Setting* pada pemograman dengan melihat *source code* yang digunakan menggunakan sebagai nilai yang dimasukkan untuk persamaan $y=0,1367x$.

Kesalahan pertama adalah terjadi ketika nilai dari keluaran dari sensor kecepatan angin dalam hal ini adalah `data_kanal` yang dibuat `unsigned long int`.

Alasan membuat tipe data `unsigned` adalah karena tidak ada kecepatan angin yang bernilai negatif. Tapi, permasalahannya adalah nilai dari persamaan $y=0,2284x$, yang membuat nilai dalam *source code* akan bernilai negatif sehingga tipe data perlu diubah menjadi `long int data_kanal`.

Untuk menghindari tampilan pada *display* menunjukkan nilai minus maka perlu diset agar apabila nilai pada input berupa arus yang lebih kecil dari 4,0 mA maka tidak akan ditampilkan hasil negatif. Untuk itu pada listing program perlu ditambahkan perintah `if (data_kanal<0)`.

4. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pembacaan output signal conditioning menggunakan register 10 bit menghasilkan hasil output yang lebih presisi dibandingkan hasil Robert dan Hiskia, yaitu dua angka di belakang koma.
2. Penguatan 2 kali yang dilakukan oleh *operational amplifier* pada rangkaian *signal conditioning* analog terbukti cukup digunakan untuk pembacaan nilai input oleh mikrokontroler ATmega8535.
3. Program pada mikrokontroler menggunakan teknik prosedural. Hal ini mempertimbangkan kesederhanaan tujuan program.

5. Daftar Pustaka

- [1] Yoo H, Park H, & Jang D. Expert [1] "Istilah-istilah yang Dipakai dalam Prakiraan", *Stasiun Klimatologi Banjarbaru*, 2010.
- [2] Robeth VM, Hiskia, "Rancang Bangun Sistem Signal Conditioning untuk Pengukuran Sensor Temperatur Berbasis Mikrokontroler ATMEL89C51, *Pemaparan Hasil Litbang Kedeputian Ilmu Pengetahuan Teknik LIPI*, Bandung, pp.B-207-B-218, 2003.
- [3] Johnson CD, "Process Control Instrumentation Technology", Eighth Edition, *Pearson Education Inc*, New Jersey, pp.53, 2006.
- [4] Boylestad RL, Nashelsky L, "Electronic Devices and Circuit Theory", Ninth Edition, *Pearson Education Inc*, New Jersey, 2006.
- [5] "8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8 ATmega8L", *Atmel Corporation*, 2009.
- [6] Barrett SF, "Embedded Systems Design with the Atmel AVR Microcontroller", *Morgan & Claypool Publishers*, Lexington, 2010.