

# Sistem Akuisisi Data Suhu *Multipoint* Dengan Mikrokontroler

Mytha Arena <sup>1</sup>, Arif Basuki <sup>2</sup>

Dosen Jurusan Teknik Elektro STTNAS Yogyakarta  
Jln. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281.  
mytha98@yahoo.com <sup>1</sup>

## Abstrak

Penelitian ini merupakan studi awal dari sistem telemetri suhu *multipoint* melalui jaringan komputer. Sistem ini diharapkan bisa diaplikasikan untuk mengamati suhu fluida pada sejumlah titik ukur. Dikarenakan suhu adalah informasi yang akan diolah dan ditransmisikan, maka data suhu yang informatif menjadi sebuah keharusan agar keputusan dan analisis dapat dilakukan dengan cermat. Untuk mewujudkannya, diperlukan metode pengumpulan data suhu yang mudah, cepat, akurat, dan berkesinambungan, yang menjadi tujuan pada penelitian ini. Sistem akuisisi data yang dibuat terdiri atas 3 termokopel tipe K yang mempunyai jangkauan suhu dari 0°C - 800°C sebagai sensor suhu, 3 buah max6675 untuk pengkondisi sinyal, mikrokontroler sebagai pengolah data, penampil LCD, dan media penyimpanan menggunakan SD card. Sistem akuisisi data ini diuji dengan meletakkan termokopel pada ruang tungku pemanas yang dipanaskan hingga suhu 800°C dan mengukur tegangan yang dihasilkan termokopel selama pemanasan berlangsung. Suhu terukur secara periodik dengan periode 1 detik ditampilkan pada penampil LCD dan disimpan pada SD card. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing termokopel menunjukkan sifat linier dengan sensitivitas pengukuran 41,11µV/°C, dan error sebesar 1,15.% dibandingkan termokopel referensi.

Kata kunci : *multipoint*, akuisisi data, termokopel, mikrokontroler

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan informasi yang cepat dan akurat telah menjadi sebuah keharusan, tidak terkecuali pada dunia industri, seperti informasi pengukuran suhu pada sejumlah titik ukur suatu *plant* besar yang dikarenakan kondisi dan tempat seringkali tidak dapat dipantau secara langsung setiap saat.

Untuk mendapatkan informasi suhu secara cepat dan akurat perlu dikembangkan sebuah sistem pengukuran yang dapat mengurangi kerugian akibat proses perolehan, pengumpulan dan analisis data yang lambat dan kurang akurat pada cara konvensional.

Pengukuran suhu sebagai suatu besaran fisis yang sering digunakan dalam sistem kontrol merupakan salah satu langkah dalam akuisisi data. Dalam merancang sistem akuisisi data, elemen penting yang perlu diperhatikan adalah pembuatan *signal conditioning*. (Bambang Heru K, 2008) telah melakukan perancangan *signal conditioning* termokopel tipe K yang digunakan untuk pengambilan data suhu pada pengamatan fenomena termohidrolika reaktor. Agar tegangan keluaran dari termokopel tersebut dapat digunakan sebagai tegangan masukan ADC-0804, maka tegangan perlu dikuatkan sebesar 490 kali. dengan menerapkan rangkaian penguat instrumentasi yang mempunyai impedansi masukan dan CMRR tinggi, selain itu besar penguatan dapat diatur dengan memutar variabel resistor untuk mendapatkan tegangan keluaran yang sesuai.

Sementara, (Siswo Wardoyo,2013) melakukan pembuatan *Data logger* dengan mikrokontroler ATmega8535 dan *interface* berupa Labview sebagai *data logging* merupakan sistem akuisisi data yang memberikan selisih pengukuran dengan alat ukur acuan sebesar 2,52% untuk pengukuran suhu, dan 4,42% untuk pengukuran tegangan.

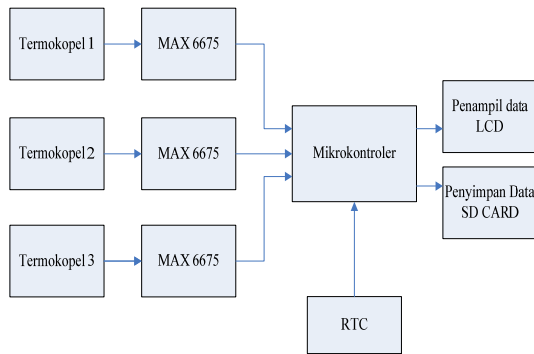
Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana membuat sistem akuisisi data suhu *multipoint* yang mampu mengukur suhu secara *real time*, menampilkannya pada penampil dan menyimpannya pada media penyimpan. Data pengukuran yang tersimpan diharapkan dapat diproses lebih lanjut seperti pengiriman melalui jaringan internet.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem akuisisi data suhu pada sejumlah titik pengukuran suatu *plant* besar yang mampu mengukur suhu secara *real time* menampilkan, dan disimpan untuk diolah lebih lanjut.

Tulisan selanjutnya akan berisi tentang metode penelitian, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan.

## 2. Metode

Sistem akuisisi data suhu untuk beberapa titik ukur yang akan dibuat mempunyai blok sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok sistem akuisisi data multipoint

## 2.1 Linieritas

Pengukuran yang ideal adalah jika hubungan antara input pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan output pengukuran (nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur) berbanding lurus. Sebuah elemen dikatakan linier jika nilai input (I) dan output (O) yang berkaitan terletak pada sebuah garis lurus. Garis lurus ideal menghubungkan titik minimum I/O dengan titik maksimum I/O dan dinyatakan dalam persamaan garis sebagai berikut:

$$O_{ideal} = KI + a$$

dengan K adalah kemiringan garis dan a adalah pembuat nol

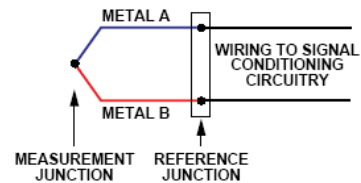
## 2.2 Sensitivitas

Sensitivitas menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran,  $\Delta O$ , dibandingkan perubahan masukan,  $\Delta I$ , yang dinyatakan sebagai  $\Delta O/\Delta I$ . Untuk elemen linear  $dO/dI$  sama dengan slope atau gradien K dari garis linear. Sedangkan untuk elemen non-linear  $dO/dI = K + dN/dI$ .

Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan "satu volt per derajat", yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan "dua volt per derajat", yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama (konstan) untuk jangkauan pengukuran keseluruhan, yaitu sama dengan kemiringan garis.

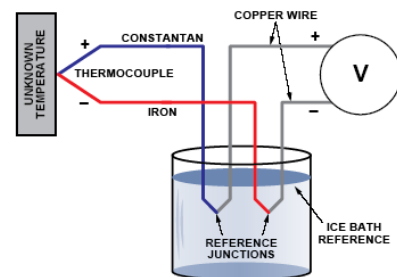
## 2.2 Termokopel

Termokopel adalah sensor temperatur yang paling banyak digunakan dalam industri besi dan baja karena kesederhanaan dan keandalannya. Termokopel ini akan mengubah besaran fisis berupa suhu ke besaran elektrik dengan hasil keluaran tegangan DC.



Gambar 2. Termokopel

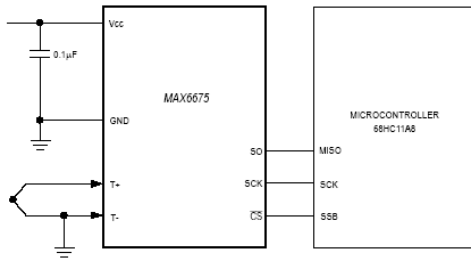
Termokopel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, terdiri atas dua kawat logam, yaitu logam A dan logam B yang disambung menjadi satu, disebut *measurement* ("hot") *junction* dan disisi yang lain, kawat logam yang tidak tersambung, dikoneksikan dengan rangkaian akuisisi data. Sambungan antara kawat-kawat logam termokopel dengan kawat tembaga disebut *reference* ("cold") *junction*. Tegangan yang dihasilkan pada *reference junction* tergantung pada suhu di *measurement junction* dan *reference junction*, sehingga suhu *reference junction* harus diketahui terlebih dahulu untuk mendapatkan pembacaan suhu yang akurat. Proses ini disebut dengan kompensasi *reference junction* (*cold junction compensation*). Kompensasi *reference junction* dilakukan ketika termokopel digunakan untuk pertama kalinya dengan merendam *reference junction* pada kotak berisi es seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Metode ini banyak digunakan pada berbagai jenis termokopel sehingga pada tabel termokopel selalu dinyatakan bahwa suhu referensi adalah 0°C. Metode kompensasi seperti ini dalam banyak sistem pengukuran secara teknis kurang praktis, sebagai gantinya sering digunakan piranti yang sensitif suhu seperti dioda, RTD, dan termistor untuk mengukur suhu pada *reference junction*.



Gambar 3. Rangkaian termokopel dasar

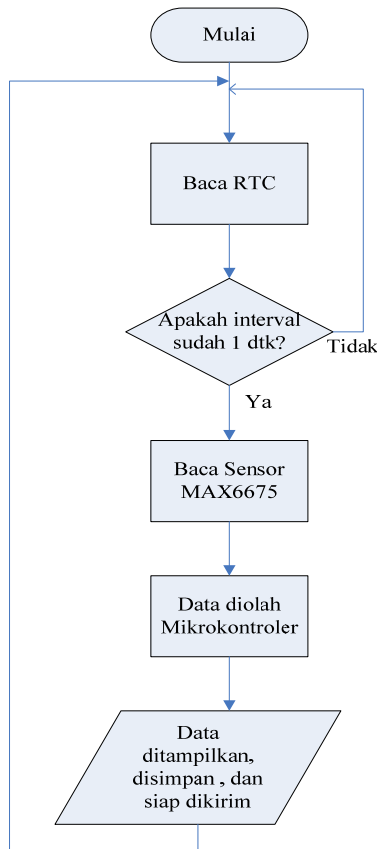
## 2.3 MAX6675

MAX6675 adalah pengkondisi sinyal yang mendapatkan masukan dari termokopel tipe K dan mengubah suhu menjadi data digital 12 bit. MAX6675 telah dilengkapi dengan kompensasi *cold/reference junction* dan protokol komunikasi serial *Serial Peripheral Interface* (SPI) untuk mengirimkan data digital hasil pengukuran ke unit pengolah seperti mikrokontroler. Gambar 4 menunjukkan rangkaian cara menyambungkan termokopel dan MAX6675 dengan mikrokontroler.



Gambar 4. Rangkaian MAX6675 dan termokopel

Mikrokontroler pada sistem yang dibuat berfungsi sebagai unit pengolah dan pengendali hingga diperoleh data suhu yang dapat dibaca, ditampilkan, disimpan, dan akhirnya dapat diolah lebih lanjut. Gambar 5 menunjukkan diagram alir proses akuisisi data suhu.



Gambar 5. Diagram alir akuisisi data suhu

### 2.4 Metode Pengukuran Suhu

Terdapat 2 tahapan pengukuran yang dilakukan:

- pengujian termokopel dan termometer,
- pengujian termokopel pada sistem akuisisi data.

Pada pengukuran suhu dengan termokopel dan termometer, ingin dipastikan bahwa termokopel yang akan digunakan dapat menunjukkan hasil ukur dengan benar, sehingga jika diaplikasikan untuk pengukuran suhu yang

lebih tinggi juga akan tetap menunjukkan hasil ukur yang akurat. Data suhu tinggi ini, diperoleh dengan meletakkan ketiga termokopel pada ruang tungku pemanas yang dipanaskan hingga suhu 800°C. Pada ujung kawat tembaga dari masing – masing termokopel dipasang voltmeter digital seperti yang terlihat pada Gambar 6, untuk melihat perubahan tegangan yang dihasilkan oleh perubahan suhu termokopel. Data suhu yang terbaca per 1 detik ditampilkan pada penampil LCD dan disimpan pada SD card, sedangkan perubahan tegangan dicatat per menit.



Gambar 6. Pengumpulan data suhu 3 termokopel

Dalam menganalisis data hasil pengukuran akan dilihat 2 karakteristik sistematis, yaitu linearitas dan sensitivitas pengukuran. Pengukuran dikatakan ideal jika hubungan antara nilai sesungguhnya dan nilai yang ditunjukkan alat ukur atau hubungan nilai input dan output adalah berbanding lurus. Sementara, sensitivitas alat ukur menunjukkan kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan perubahan masukan” yaitu  $\Delta O/\Delta I$ . Untuk elemen linear  $dO/dI$  sama dengan slope atau gradien K dari garis linear. Sensitivitas pengukuran linier sifatnya konstan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini meliputi pengujian termokopel dan termometer serta pengujian termokopel pada sistem akuisisi data.

#### 3.1 Pengujian termokopel dan termometer

Pada pengujian ini, ingin dilihat keakuratan pembacaan suhu oleh termokopel dibandingkan dengan alat ukur suhu yang sudah dikenal, yaitu termometer batang. Hasil pengujian tahap ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan pengukuran suhu termokopel dan termometer

No.	Suhu, °C		Kesalahan
	Termometer	Termokopel	
1	29	31	0,068965517
2	33	33	0

No.	Suhu, °C		Kesalahan
	Termometer	Termokopel	
3	33,5	34	0,014925373
4	35	35	0
5	35	35,75	0,021428571
6	35,25	36,25	0,028368794
7	36,5	37,25	0,020547945
8	37,9	38	0,002638522
9	40	40,25	0,00625
10	45	45,75	0,016666667
11	91	92,25	0,013736264
12	94	98	0,042553191
13	96	99,25	0,033854167
14	97	99,15	0,022164948
15	97,5	99	0,015384615
16	98	101	0,030612245
17	98	100,75	0,028061224
	Rerata kesalahan		0,021538709

Dari Tabel 1 terlihat bahwa kesalahan yang ditunjukkan oleh termokopel dibandingkan dengan termometer batang untuk rentang pengukuran suhu sampai 100<sup>0</sup> C sebesar 2,1%.

### 3.2 Pengujian termokopel pada sistem akuisisi data

Pada pengujian ini, diamati suhu yang ditunjukkan oleh ketiga termokopel ukur dan tegangan yang dihasilkan di masing-masing termokopel untuk dibandingkan dengan suhu dan tegangan termokopel referensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Suhu dan tegangan termokopel referensi

Termokopel Referensi		Termokopel Referensi	
Suhu	Tegangan	Suhu	Tegangan
(°C)	(mV)	(°C)	(mV)
10	0,397	410	16,82
20	0,798	420	17,243
30	1,203	430	17,667
40	1,612	440	18,091
50	2,023	450	18,516
60	2,436	460	18,941
70	2,851	470	19,366
80	3,267	480	19,792

Termokopel Referensi		Termokopel Referensi	
Suhu	Tegangan	Suhu	Tegangan
(°C)	(mV)	(°C)	(mV)
90	3,682	490	20,218
100	4,096	500	20,644
110	4,509	510	21,071
120	4,92	520	21,497
130	5,328	530	21,924
140	5,735	540	22,35
150	6,138	550	22,776
160	6,54	560	23,203
170	6,941	570	23,629
180	7,34	580	24,055
190	7,739	590	24,48
200	8,138	600	24,905
210	8,539	610	25,33
220	8,94	620	25,755
230	9,343	630	26,179
240	9,747	640	26,602
250	10,153	650	27,025
260	10,561	660	27,447
270	10,971	670	27,869
280	11,382	680	28,289
290	11,795	690	28,71
300	12,209	700	29,129
310	12,624	710	29,548
320	13,04	720	29,965
330	13,457	730	30,382
340	13,874	740	30,798
350	14,293	750	31,213
360	14,713	760	31,628
370	15,133	770	32,041
380	15,554	780	32,453
390	15,975	790	32,865
400	16,397	800	33,275

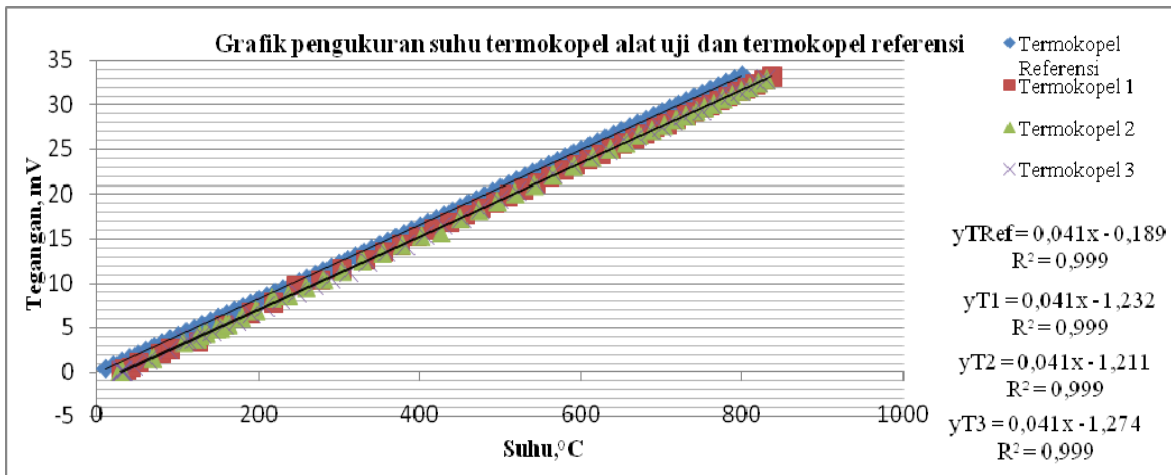
Untuk mendapatkan hasil pengukuran suhu menggunakan termokopel yang akurat diperlukan pengkondisi sinyal, yang dilakukan oleh MAX6675 yang mempunyai skala suhu linier yang dinyatakan dalam volt/°C.

Tabel 3. Suhu dan Tegangan Alat Akuisisi Data

Alat akuisisi Data					
Termokopel 1		Termokopel 2		Termokopel 3	
Suhu	Tegangan	Suhu	Tegangan	Suhu	Tegangan
(°C)	(mV)	(°C)	(mV)	(°C)	(mV)
30	0	30	0	30	0
32	0,1	29	0	30	0
34	0,1	29	0	30	0
36	0,2	29	0	29	0
37	0,2	29	0	30	0
35	0,2	29	0	31	0
33	0,1	29	0	32	0
32	0,1	28	0	31	0
32	0,1	31	0	31	0
35	0,2	69	1,5	45	0,6
42	0,4	107	3,3	63	1,3
53	1	153	4,9	88	2,4
79	2	159	5,3	108	3,4
91	2,5	135	4,3	108	3,4
125	3,3	123	3,7	112	3,5
158	5,2	124	3,7	120	3,7
190	6,6	127	4,1	130	4,2
219	7,7	135	4,4	142	4,5
247	9,7	148	4,8	157	5,2
277	10,3	163	5,3	173	5,7
304	11,5	179	6,1	191	6,5
333	12,6	197	6,9	208	7,3
356	13,5	217	8,3	228	8,1
377	14,3	237	8,6	248	8,9
398	15,2	259	9,5	269	9,7
418	16	281	10,4	290	10,5
437	16,8	304	11,3	312	11,2
457	17,7	329	12,5	336	12,4
476	18,4	354	13,4	359	13,5
493	19,1	378	14,3	382	14,3
511	19,8	402	15,3	406	15,4
529	20,5	426	15,7	429	16,5
545	21,2	450	17,3	452	17,3

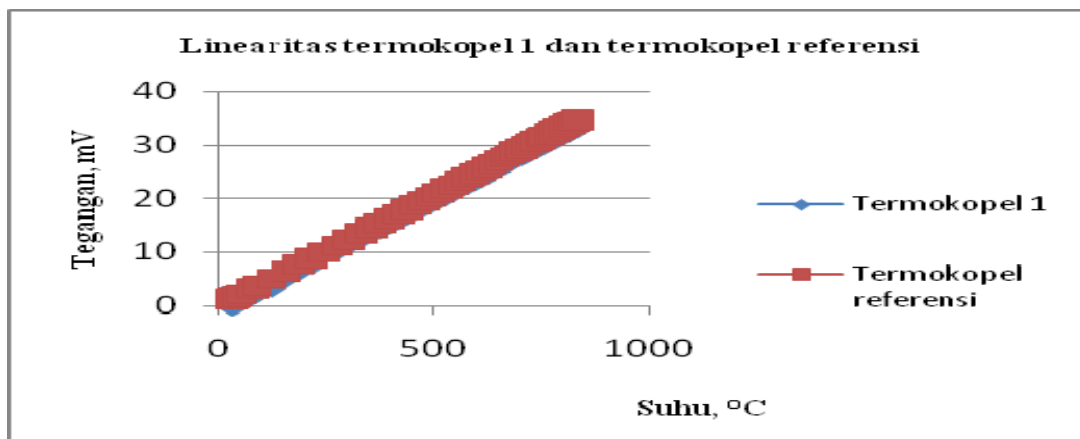
Alat akuisisi Data					
Termokopel 1		Termokopel 2		Termokopel 3	
Suhu	Tegangan	Suhu	Tegangan	Suhu	Tegangan
(°C)	(mV)	(°C)	(mV)	(°C)	(mV)
561	21,9	473	18,2	475	18,3
578	22,6	496	19,2	498	19,4
594	23,2	518	20,1	520	20,3
609	23,8	542	21	543	21,2
624	24,4	565	22,1	565	22,3
638	25	591	23,1	589	23,3
652	25,6	614	24,1	612	24,1
666	26,2	636	25	633	24,9
679	26,7	656	25,7	653	26
692	27,4	672	26,6	670	26,5
706	27,8	688	27,1	686	27,1
718	28,3	703	27,7	700	27,4
730	28,8	718	28,3	714	28,2
741	29,2	730	28,8	727	28,7
751	29,7	743	29,3	739	29,3
760	30	753	29,7	750	29,4
771	30,5	764	30,1	762	30,1
782	30,9	776	30,7	774	31
794	31,5	787	31,1	785	31,1
805	31,9	799	31,6	797	31,5
816	32,3	809	32	808	32
826	32,8	820	32,5	819	32,5
837	33,2	830	32,9	830	32,9

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kurva karakteristik ketiga termokopel uji bersifat linier dengan sensitivitas  $41.11 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , sedikit lebih kecil dibandingkan dengan sensitivitas termokopel referensi yaitu  $41.59 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  (dengan nilai kesalahan 1.15% ) Sensitivitas yang cenderung sama ini juga dapat ditunjukkan dengan kemiringan (*slope*) yang sama pada grafik tegangan terhadap suhu seperti yang terlihat pada Gambar 6. Perbedaan sensitivitas yang terjadi karena saat termokopel uji pertama kali digunakan tidak dilakukan kompensasi dengan merendam reference junction dalam air es untuk mendapatkan suhu  $0^\circ\text{C}$ .



Gambar 7. Grafik pengukuran suhu termokopel alat uji dan termokopel referensi

Untuk hasil pengujian linearitas hubungan antara nilai sesungguhnya dan nilai yang ditunjukkan alat ukur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik linearitas termokopel referensi dan alat ukur

#### 4. Kesimpulan

Sistem akuisisi data suhu yang terdiri atas 3 termokopel telah menunjukkan karakteristik sistematis yang baik, yaitu mempunyai karakteristik linier dengan sensitivitas ukur  $41.11 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  dan nilai kesalahan 1,15%.

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Dikti yang telah membiayai penelitian ini dengan skema Penelitian Dosen Pemula.

#### Daftar Pustaka

\_\_\_\_\_, "Analog Devices", [www.analog.com](http://www.analog.com), 17/10/2014.

\_\_\_\_\_, "Konsep Akuisisi Data dan Konversi", <http://ocw.gunadarma.ac.id>, 22/07/08.

\_\_\_\_\_, "Manual MAX6675 K-type Thermocouple Temperature Sensor, [www.indo-ware.com](http://www.indo-ware.com), 10/09/2014.

\_\_\_\_\_, Sensor dan Pengkonversi Data, <http://www.toko-elektronika.com> 22/07/08.

Bakshi, U.A., A.V., K.A., (2008), Electrical Measurements, Technical Publication Pune.

Bambang, H.K., Handoyo, D., (2008), Perancangan sinyal conditioning termokopel tipe K sebagai masukan ADC – 0804, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir.

Basuki, A, Arena, M, 2013, Sistem Telemetri Melalui Jaringan Komputer Berbasis *Internet Protocol*, Prosiding Seminar Retii – 8.

Duff, M., Towey, J., (2010), Two Ways to Measure Temperature Using Thermocouples Feature Simplicity, Accuracy, and Flexibility, Analog Dialog 44-10.

Prahara, A. dkk, “*Sensor suhu*”,  
<http://www.google.co.id> 15/06/2009  
Wardoyo, S., Munarto, R., Putra, V. P.,(2013)  
Rancang Bangun Data Logger Suhu  
Menggunakan Labview, Jurnal Ilmiah Elite  
Elektro, Vol. 4, No.1, Maret 23-30.