

# Wireless Data Logger Suhu Multi Channel Menggunakan Labview

Siswo Wardoyo<sup>1</sup>, Arya Prasetyo Habibie<sup>2</sup>, Romi Wiryadinata<sup>3</sup>

**Abstract** --Temperature is one of the physical quantities which are often used in control systems. The process of monitoring temperature in the form of a data logger is an important thing that is needed in the industry. This paper designs a wireless temperature data logger with multichannel input. Thermocouple is used as sensor input on this system. The results of this research indicate that the system is able to work wirelessly with a range of 300 meters until 800 m. Result of temperature measurement accuracy of the designed system is 99.419% or error temperature measurement against a reference temperature is 0.581%. Accuracy of voltage measurement towards Labview is 99.316% or error of 0.684%. The output file from data logger is file.tdms, which can be accessed by Microsoft Excel to be printed or processed further.

**Intisari** --Temperatur merupakan salah satu besaran fisis yang sering digunakan dalam sistem control. Proses monitoring temperatur dalam bentuk data logger merupakan hal penting yang dibutuhkan pada industri. Pada makalah ini dirancang sebuah data logger suhu secara wireless dengan masukan yang multichannel. Termokopel digunakan sebagai input sensor pada sistem ini. Hasil dalam makalah ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara wireless dengan jangkauan 300 meter sampai dengan 800 m. Hasil akurasi pengukuran suhu dari sistem yang dirancang adalah 99,419% atau error pengukuran suhu terhadap suhu acuan adalah 0,581%. Akurasi pengukuran tegangan terhadap tampilan Labview adalah 99,316 % atau error sebesar 0,684 %. Output file dari data logger ini berupa file .tdms, yang dapat diakses oleh Microsoft Excel untuk dicetak atau diolah lebih lanjut.

**Kata Kunci:** Termokopel, wireless, data logger, multichannel.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu parameter penting pada peleburan baja adalah stabilitas suhu untuk pembentukan baja sesuai yang diinginkan. Monitoring stabilitas suhu di perusahaan ada yang masih konvensional, yaitu melalui pengamatan operator dari monitor, belum menggunakan data logger suhu. Sedangkan yang telah menggunakan data logger suhu, harga per unitnya sangat mahal, padahal dari sinilah digunakan sebagai basis analisis, meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses monitoring [1] untuk proses tindak lanjut hasil produksi. Setiap tungku peleburan dipantau menggunakan pengukur suhu yang menggunakan kabel panjang untuk menghubungkan ke ruang kendali. Semakin banyak titik monitor yang diinginkan, tentu akan semakin banyak pula

termokopel dan panjang kabel yang digunakan. Hal ini bisa mengakibatkan peluang gangguan teknis baik terhadap sistem maupun terhadap kerapihan lingkungan.

Di sisi lain, sistem instrumentasi yang berbentuk akuisisi data telah digunakan secara luas dalam kegiatan perindustrian untuk proses monitoring dan kendali [2],[3]. Biasanya pada suatu plant atau area produksi pada industri dengan skala besar diperlukan banyak pemantauan dalam proses monitoring temperaturnya, sehingga diperlukan lebih dari satu sensor atau transduser untuk mendukung proses monitoring ini. Dengan kata lain diperlukan suatu perangkat multichannel.

Dewasa ini sering dijumpai pusat pengumpulan dan pengolahan data jarak jauh (remote) secara realtime/online, atau yang lebih dikenal dengan istilah remote online monitoring system [4]. Penelitian awal tentang rancang bangun data logger suhu pada PT. Krakatau Steel sudah dilaksanakan [5] dengan akurasi 97,48%. Namun demikian, sistem data logger ini masih single channel dan belum wireless.

Oleh karena itu pada makalah ini dirancang sistem untuk mengembangkan penelitian terdahulu yang masih single channel menjadi multichannel dan yang masih menggunakan kabel diganti menjadi wireless. Penelitian ini juga melakukan perekaman data suhu sehingga terdokumentasi untuk bahan analisis hasil produksi. Sensor utama yang digunakan adalah termokopel tipe K karena mudah didapat, murah, dan dapat beroperasi dengan rentang suhu yang besar.

## II. KONSEP DASAR PERANGKAT DATA LOGGER

### A. Termokopel

Termokopel merupakan sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu karena relatif murah namun akurat dan dapat beroperasi pada suhu panas maupun dingin[6]. Termokopel merupakan sebuah transduser aktif yang digunakan untuk mengkonversi perubahan panas suatu objek menjadi energi listrik [7]. Prinsip kerja dari termokopel terlihat seperti pada Gbr. 1. Sebuah termokopel terdiri atas dua buah kawat yang kedua ujungnya disambung sehingga menghasilkan gaya gerak listrik.

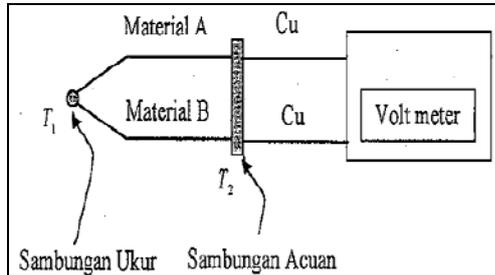
### B. Data Logger

Data logging merupakan historical data files untuk setiap kejadian yang terjadi pada sistem, yang berguna untuk keperluan pemeliharaan ataupun review data-data sebelum dan sesudah kejadian. Saat ini periode waktu penyimpanan data-data harus mampu dilakukan selama berbulan-bulan atau dalam orde tahunan.

Data logger (perekam data) adalah suatu alat rekam elektronik yang dapat merekam data pada saat waktu yang

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jenderal Sudirman KM 03 Cilegon, Banten, INDONESIA, 42435, (telp: 0254-395502; fax: 0254-395502; e-mail: siswo@untirta.ac.id<sup>1</sup> aprasetyohabibie@gmail.com<sup>2</sup>, romi@wiryadinata.web.id<sup>3</sup>)

berlalu, biasanya digunakan untuk penyimpanan data *real time* [5]. Fungsi utama *data logger* suhu salah satunya adalah untuk memonitor suhu secara terus-menerus [2]. Untuk sistem yang besar kemampuan sistem *storage* saat ini dapat mencapai *gigabyte* bahkan sudah sampai *terabyte*. Mengumpulkan data-data historis berarti merekam data-data atau hasil perhitungan *real time* dan menyimpan data-data tersebut ke dalam *database* sebagai *time logged data*.



Gbr. 1 Prinsip kerja termokopel [5].

### C. Modem Radio Frekuensi KYL-1020

Modem radio frekuensi KYL-1020 adalah suatu alat *transmitter* sekaligus *receiver* untuk komunikasi *data serial wireless multichannel* yang mendukung TTL, RS232, dan RS485, ditunjukkan pada Gbr. 2. Modem radio ini berfungsi untuk mengirim dan menerima (komunikasi data) data digital secara *wireless* [8] dengan jarak jauh. Modem ini memiliki rentang jarak antara 100-800 m [9].



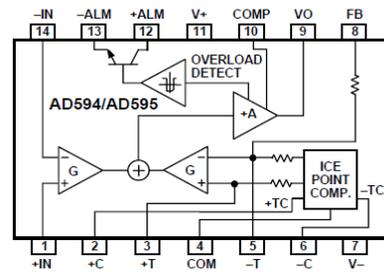
Gbr. 2 Modem radio frekuensi KYL-1020 [9].

### D. Pengkondisi Sinyal AD595

Kebanyakan sensor tidak bisa terhubung secara langsung ke dalam *instrument* yang melakukan *record*, monitor, atau proses. Ini merupakan sinyal yang mungkin terlalu lemah ataupun terlalu kuat. Oleh karena itu sinyal elektronik dari sensor memerlukan pengkondisian terlebih dahulu sebelum masuk pada mikrokontroler [5].

Pengkondisi sinyal yang digunakan dalam makalah ini adalah AD595 dengan *Close Loop Gain* sebesar 247,3 [10], sedangkan termokopel yang digunakan adalah termokopel jenis K. Gbr. 3 menunjukkan diagram blok pada IC AD595.

Termokopel pada umumnya mempunyai tegangan keluaran yang sangat kecil, yaitu  $40,8 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  sesuai dengan yang dikeluarkan oleh *National Institute of Standards and Technology* (NIST), sedangkan termokopel tipe K memiliki keluaran antara -5,9 sampai  $50,6\text{mV}$ .



Gbr. 3 Diagram blok pada IC AD595 [10],[7].

### E. Sistem Minimum Mikrokontroler

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16 yang dirancang menggunakan *clock* eksternal dengan pembangkit *clock* berupa *oscillator crystal* (XTAL) 16 MHz. Pembangkit *clock* berfungsi sebagai detak bagi mikrokontroler dengan komponen lain berupa dua buah kapasitor keramik 22pF. Sistem minimum ini juga terhubung dengan AD595 yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal dan *amplifier* dari termokopel jenis K.

Di dalam sistem minimum juga terdapat rangkaian *reset* yang berfungsi untuk me-*reset* mikrokontroler, dan *port ISP* (*In-System Programming*) yang digunakan sebagai jalur untuk mengunduh program ke IC mikrokontroler. *Port* yang terdapat pada ATmega16 digunakan untuk saluran *input-output* atau saluran komunikasi antara mikrokontroler dengan komponen-komponen lainnya seperti *push button*, LCD, komunikasi serial dengan *modem radio* KYL1020.

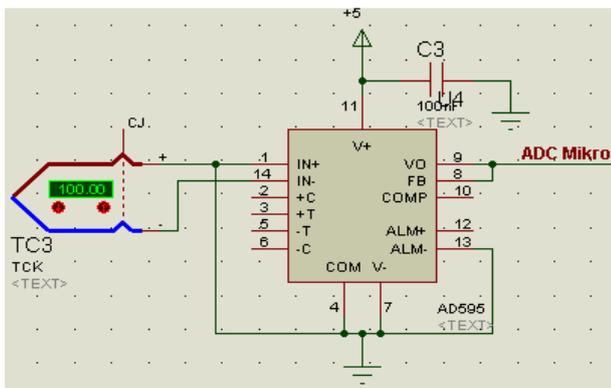
## III. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem meliputi sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega16, rangkaian pengkondisi sinyal, dan rangkaian antarmuka (*interface*) dengan PC. Rangkaian mikrokontroler ATmega16 yang dirancang menggunakan *clock* eksternal dengan pembangkit *clock* berupa *oscillator crystal* (XTAL) 16 MHz yang berfungsi sebagai detak bagi mikrokontroler dengan komponen lain berupa dua buah kapasitor keramik 22pF.

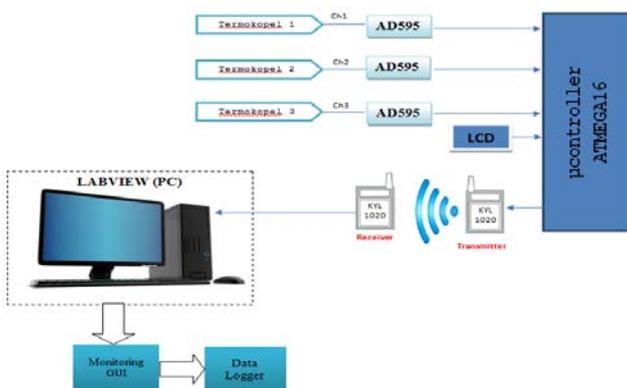
Sistem minimum ini juga terhubung dengan AD595 yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal dan *amplifier* dari termokopel jenis K. Rangkaian pengkondisi sinyal AD595 berfungsi untuk mengolah sinyal dari transduser termokopel berupa tegangan yang cukup kecil, yaitu  $40,8 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  menjadi tegangan yang lebih besar, sehingga *output* dari rangkaian ini dapat dibaca oleh ADC internal mikrokontroler ATmega8535.

AD595 merupakan sebuah IC pengkondisi sinyal termokopel yang menyediakan kompensasi sambungan dingin (*cold junction compensation*) beserta penguatan. Kaki-kaki termokopel dihubungkan pada pin 1 dan pin 14 IC AD595 seperti pada Gbr. 4. Rangkaian pengkondisi sinyal ini memerlukan suplai tegangan sebesar 12 V DC. Keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal berupa tegangan sebesar  $0,01 \text{ V}/^\circ\text{C}$  yang dapat dibaca oleh saluran ADC pada mikrokontroler.

Perancangan sistem *data logger* suhu secara lengkap akan dilaksanakan seperti pada Gbr. 5.



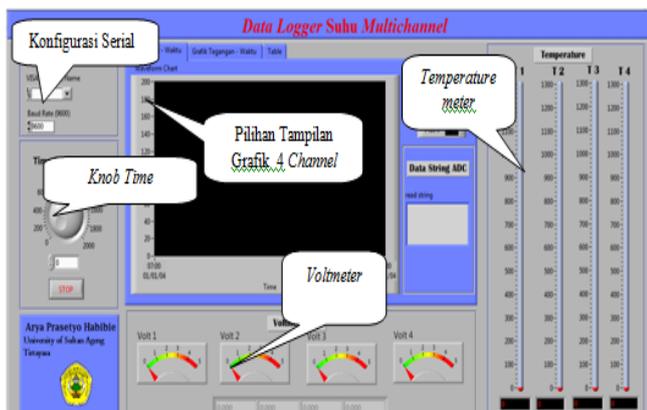
Gbr. 4 Rangkaian pengkondisi sinyal AD595 [6].



Gbr. 5 Diagram blok wireless data logger suhu multichannel.

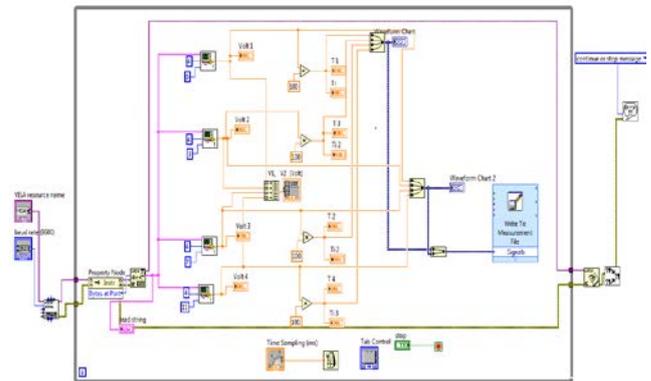
Perancangan perangkat lunak pemrograman *interface* menggunakan *software* Labview 2009, sebagai monitoringnya[11]. Sedangkan untuk program *compiler* mikrokontroler menggunakan bantuan *software* Code Vision AVR yang menggunakan bahasa C dalam pemrogramannya. Perancangan program pada CodeVisionAVR meliputi perancangan *Analog Digital Converter* (ADC) dan menampilkan hasil ADC melalui LCD serta perancangan pengirim data melalui radio modem.

Perencanaan *Human Machine Interface* (HMI) merupakan suatu *frontpanel* di mana *user* dapat berhubungan dengan program tanpa mengetahui kerumitan program itu sendiri [3].



Gbr. 6 Tampilan antarmuka pada panel depan Labview.

HMI dibuat *user-friendly* di mana *front panel* seperti panel kontrol yang menyerupai instrumen sebenarnya. Dari perancangan tersebut, *interface* dibuat sedemikian rupa agar menyerupai instrumen sebenarnya yang *user-friendly*. Gbr. 6 menunjukkan tampilan antarmuka pada panel depan Labview.



Gbr. 7 Diagram blok pemrograman Labview [5].

Program dibuat untuk melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Inisialisasi port komunikasi serial sebagai input sensor termokopel dan membaca data dari sensor termokopel.
2. Menampilkan penyajian data dalam bentuk grafik, tabel, maupun indikator lain.
3. Menampilkan data serial ADC keseluruhan *channel*.
4. Menampilkan data suhu, tegangan, dan arus dari hasil sensor termokopel dan mengatur waktu pencuplikan data tiap detik (*time sampling*).
5. Menyimpan hasil pengukuran berupa *file* dengan format *.tdms*.

Diagram blok merupakan bagian pemrograman dalam Labview. Realisasi diagram blok seperti yang ditunjukkan oleh Gbr. 7.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengujian Karakteristik Termokopel

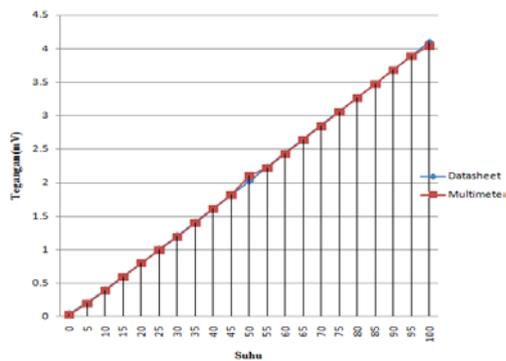
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah termokopel yang digunakan dapat berfungsi dengan baik. Selain itu juga untuk menguji apakah termokopel telah sesuai dengan teori, dalam hal ini karakteristiknya sesuai dengan *datasheet* yang dikeluarkan oleh *Yokogawa Electric Corporation* Jepang. Pengujian dilakukan dengan memberikan sumber panas dengan derajat yang di atur bervariasi. Perbandingan tegangan *output* termokopel dengan pengkondisi sinyal ditunjukkan pada Tabel I.

Selanjutnya dilakukan pengujian pembacaan termokopel yang akan dibandingkan dengan termometer digital. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan alat *data logger* termokopel dengan termometer terhadap empat kondisi suhu yang berbeda-beda, agar mendapatkan suhu yang aktual. Gbr. 8 adalah perbandingan tegangan *output datasheet* dengan termokopel.

Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel II di mana data perbandingan pengukuran alat *data logger* termokopel dengan termometer masih terdapat kesalahan pengukuran dibawah 5%.

TABEL I  
PERBANDINGAN TEGANGAN *OUTPUT* TERMOKOPEL DENGAN PENGKONDISI SINYAL

Suhu (°C)	Output Tegangan Termokopel (mV)	Output Tegangan Pengkondisi Sinyal (mV)
0	0	2,720
1	0,039	12,36
5	0,198	51,686
10	0,397	100,898
15	0,597	150,358
20	0,798	200,066
25	1	250,020
30	1,203	300,222
35	1,407	350,671
40	1,612	401,368
45	1,817	452,064
50	2,023	503,008
55	2,230	554,199
60	2,436	605,143
65	2,644	656,582
70	2,851	707,773
75	3,059	759,211
80	3,267	810,649
85	3,474	861,841
90	3,682	913,279
95	3,889	964,47
100	4,096	1015,661



Gbr. 8 Perbandingan tegangan *output* *datasheet* dengan termokopel.

TABEL II  
PENGUJIAN SUHU DATA *LOGGER* TERHADAP TERMOMETER

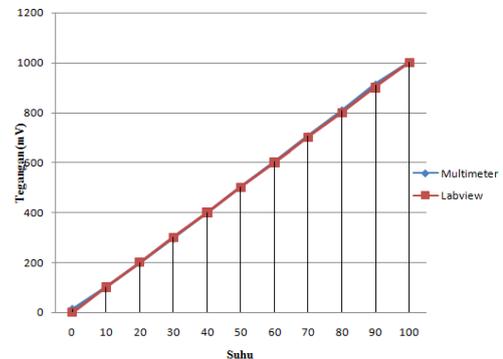
Kondisi Pengujian	Suhu (°C)		Persentase Kesalahan
	Termometer Digital	Data logger Termokopel K	
Suhu Freezer	-15,3	-16	4,40 %
Suhu Lemari Es	7,7	8	3,79 %
Suhu Ruangan	31,8	32	0,62 %
Air Mendidih	100	100	0%

### B. Pengujian Pengkondisi Sinyal AD595

Pengkondisi sinyal yang digunakan pada makalah ini adalah AD595 [10]. Rangkaian pengkondisi sinyal selain mempunyai fungsi untuk menguatkan sinyal dari sensor termokopel berupa tegangan yang cukup kecil menjadi tegangan yang lebih besar, juga berfungsi untuk memperkecil sinyal-sinyal *noise* termokopel. *Output* dari rangkaian ini dapat dibaca oleh ADC.

Pada suhu kalibrasi ini, koefisien *Seebeck* atau laju perubahan tegangan *thermal* terhadap suhu pada suhu tertentu adalah  $40,8 \text{ mV} / ^\circ \text{C}$  untuk tipe K. Hal ini terkait dengan *gain* dari AD595 yaitu 247,3 untuk mewujudkan keluaran 10 mV/°C. Meskipun keluaran perangkat dipangkas 250 mili Volt pada +25°C kesalahan berimbang pada *input* diinduksi dalam penguat *output* yang menghasilkan 11 mV AD595. Untuk menentukan *output* aktual tegangan dari pengkondisi sinyal AD595, maka harus digunakan

$$AD595 \text{ Output} = (\text{Type K Voltage} + 11 \mu\text{V}) \times 247,3 \quad (1)$$



Gbr. 9 Grafik perbandingan suhu terhadap tegangan AD595.

TABEL III  
PERBANDINGAN *OUTPUT* TEGANGAN AKTUAL AD595 DENGAN PERHITUNGAN

Suhu (°C)	Tegangan Keluaran AD595 Multimeter (mV)	Tegangan Keluaran AD595 Rumus (mV)	% Kesalahan
1	12,36	11,1	1,113
5	50,3	51,686	2,68
10	99,5	100,898	1,385
15	149	150,358	0,903
20	199	200,066	0,533
25	249	250,020	0,408
30	298	300,222	0,740
35	349	350,671	0,476
40	400	401,368	0,341
45	451	452,064	0,235
50	502	503,008	0,200
55	553	554,199	0,216
60	604	605,143	0,189
65	656	656,582	0,089
70	705	707,773	0,391
75	758	759,211	0,159
80	809	810,649	0,203
85	860	861,841	0,213
90	912	913,279	0,140
95	963	964,47	0,152
100	1001	1015,661	1,444
	% Rata-rata Kesalahan		0,581%

Sesuai dengan *datasheet* *Yokogawa Electric Corporation*, tegangan keluaran termokopel tipe K yang diperoleh, lalu data diolah dan dibandingkan dengan tegangan keluaran AD595 yang diukur menggunakan multimeter digital. Data tegangan

keluaran termokopel tipe K yang berasal dari *datasheet* kemudian masuk ke dalam (1) dan dihitung, kemudian dibandingkan apakah rancangan alat yang sudah dibuat sudah sesuai dengan karakteristik termokopel tipe K.

Data dari pengkondisi sinyal AD595 yang masuk ke dalam ADC internal mikrokontroler dalam bentuk tegangan selanjutnya diolah menjadi data suhu sesuai dengan (1). Masih terdapat sedikit *error* dari yang ditampilkan tapi masih di bawah ambang kesalahan relatif dan tidak melebihi 0,581%. Gbr. 9 menunjukkan grafik perbandingan suhu terhadap tegangan AD595, dan Tabel III menampilkan perbandingan *output* tegangan aktual dengan hasil perhitungan.

C. Pengujian Wireless Modem Radio KYL-1020

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa jarak maksimal yang dapat dijangkau oleh modem KYL-1020 dengan ada hambatan atau tanpa hambatan. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan perangkat *data logger* sebagai *transmitter* dan perangkat PC sebagai *receiver* data secara bertahap berjauhan. Data hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel IV.

TABEL IV  
JARAK KEMAMPUAN JANGKAUAN MODEM KYL-1020

Jarak (Meter)	Ada Hambatan	Tanpa Hambatan
100	v	v
200	v	v
300	v	v
500	x	v
800	x	v
1000	x	x

D. Pengujian Pembacaan Tegangan Labview

Sinyal yang dikeluarkan oleh pengkondisi sinyal AD595 sangat baik karena sinyal yang dihasilkan linier dengan suhu. Ini berarti mudah mengkonversi dari pembacaan sinyal *analog* keluaran AD595 ke dalam satuan suhu yang nyata. Pertama, data *analog* yang terbaca dikonversi menjadi tegangan, selanjutnya untuk mendapat suhu dalam satuan *celsius*, dikalikan 100.

$$\text{Voltage} = \frac{\text{analog Read}(X) \times 5}{1024} \tag{2}$$

$$\text{Celsius} = \text{Voltage} \times 100 \tag{3}$$

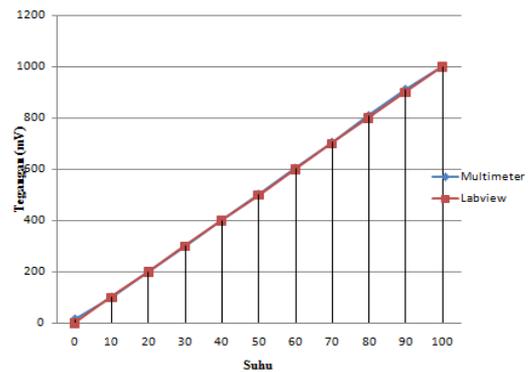
$$\text{Voltage} = \frac{\text{analog Read}(X) \times 5 \times 100}{1024} \tag{4}$$

Sebagai contoh, tegangan yang diperoleh dari pembacaan *analog* pengkondisi sinyal adalah 0.05  $\mu\text{V}$ . Maka, agar terbaca pada *interface Labview* dilakukan cara berikut.

$$\begin{aligned} \text{Celsius} &= 0.05 \mu\text{V} \times 100 \\ &= 5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Data dari pengkondisi sinyal AD595 yang masuk ke dalam ADC internal mikrokontroler dalam bentuk tegangan yang selanjutnya diolah menjadi data suhu sesuai dengan (3). Lalu

data diterima oleh *interface Labview*, kemudian diolah menjadi data berupa suhu dalam *celsius* dan tegangan dalam *miliVolt*.



Gbr. 10 Grafik perbandingan suhu terhadap tegangan AD595.

TABEL V  
PERBANDINGAN PEMBACAAN TEGANGAN KELUARAN ANTARA MULTIMETER DAN INTERFACE LABVIEW

Suhu	Tegangan AD595	Tegangan	% Kesalahan
	Multimeter (mV)	Labview (mV)	
1	11,1	10	1,11
5	50,3	50	0,6
10	99,5	100	0,5
15	149	150	0,67
20	199	200	0,5
25	249	250	0,4
30	298	300	0,67
35	349	350	0,286
40	400	400	0
45	451	450	0,22
50	502	500	0,4
55	553	550	0,54
60	604	600	0,67
65	656	650	0,923
70	705	700	0,714
75	758	750	1,067
80	809	800	1,125
85	860	850	1,176
90	912	900	1,333
95	963	950	1,368
100	1001	1000	0,1
		% Rata-rata Kesalahan	0.684

Dari Gbr. 10 terlihat perbandingan hasil pembacaan tegangan keluaran AD595 dari multimeter dan yang ditampilkan oleh *Labview*. Masih terdapat sedikit *error* dari yang ditampilkan tapi masih di bawah ambang kesalahan relatif yaitu sekitar 0,684%. Tabel V menyajikan data perbandingan pembacaan tegangan keluaran antara multimeter dan *interface Labview*.

V. KESIMPULAN

Hasil perancangan dan pembuatan sistem *data logger* suhu *multichannel* mampu terhubung dengan perangkat komputer

melalui komunikasi *wireless* dengan menggunakan modem radio KYL 1020. Perangkat ini bekerja secara *wireless* dengan spesifikasi jika ada hambatan jangkauannya 300 meter dan jika tanpa hambatan maksimal jangkauan adalah 800 m. Perangkat *data logger* yang dirancang mampu terhubung secara *plug and play* melalui *port* USB.

Perangkat *data logger* memiliki *error* pengukuran terhadap data yang diperoleh dari *datasheet* termokopel dan perhitungan menggunakan (4) sebesar 0,581%. Secara keseluruhan sistem data *logger* dengan *interface* Labview ini memiliki kesalahan pengukuran 0,684 %. *Output file* dari sistem *data logger* berupa *file* dengan format *.tdms*, yang dapat diakses oleh *Microsoft Excel* untuk dicetak atau diolah lebih lanjut.

Untuk pengembangan selanjutnya, perangkat *data logger* sebaiknya dapat menyimpan data langsung ke dalam memori internal berupa *SD Card* dan dengan menggunakan sumber *backup* daya dari baterai.

#### REFERENSI

- [1] D. Nurmalasari, R. T. Wahyuni, and Y. Palapa, "Informational Dashboard untuk Monitoring Sistem Drainase secara Real-Time," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf. UGM*, vol. 4, no. 3, 2015.
- [2] R. S. Vivek Kumar Sehgal, Nitin, Durg Singh Chauhan, "Smart Wireless Temperature Data Logger Using," *IEEE Region 10 Conference (TENCON) - Hyderabad, India*, 2008, pp. 1–6.
- [3] I. A. R. Djambiar, "Aplikasi labview pada sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler," *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir*, 2008, pp. 406–410.
- [4] H. D. Wahjono, "Sistem Manajemen Komunikasi Data Jarak Jauh Berbasis Teknologi Sms Dan Radio Telemetry," *J. Air Indones. BPPT*, vol. 4, no. 1, pp. 88–96, 2008.
- [5] S. Wardoyo, R. Munarto, and P. Putra, "Rancang Bangun Data Logger Suhu Menggunakan Labview," *Elit. Tek. Elektro PNJ*, vol. 4, no. 1, pp. 23–30, 2013.
- [6] S. K. Estiko Rijanto, Rachman Soleh, "Rancang Bangun Pengkondisi Sinyal Termokopel Tipe K yang Mudah Di Tuning," *PPI-KIM LIPI, Serpong*, pp. 201–211, 2004.
- [7] J. Marcin, "An-369 application note," <http://www.analog.com>, 1998.
- [8] I. Dinata and W. Sunanda, "Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database," *JNTE Univ. Andalas*, vol. 4, no. 1, pp. 83–88, 2015.
- [9] R. Anugrah, "Sistem Pelacak Bus Kampus Dengan Menggunakan Modul DT-15 LCMS dan Wireless YS 1020 RF Data Transceiver," Universitas Indonesia, 2008.
- [10] A. D. One Technology Way, "Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation," <http://www.analog.com>, 1999. .
- [11] S. Sawidin, O. E. Melo, and T. Marsela, "Monitoring Kontrol Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Bunga Krisan dengan LabView," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf. UGM*, vol. 4, no. 4, 2015.