

PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA MULTISENSOR (OKSIGEN, HIDROGEN, SUHU, ALIRAN, TEKANAN, ARUS, DAN TEGANGAN) BERBASIS *HUMAN MACHINE INTERFACE*

Pungki Anditasari^{*)}, Sudjadi, dan Darjat

Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Kota Semarang, Indonesia
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: pungkiandsr@gmail.com

Abstrak

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) sebagai sumber energi terbarukan yang memiliki tingkat efisiensi paling tinggi mencapai 65% merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menanggulangi kebutuhan manusia akan energi listrik. Pada sistem SOFC diperlukan sistem akuisisi data untuk mengambil, menampilkan maupun mengolah data dari sensor yang terdapat pada komponen SOFC. Sistem akuisisi data ini diaplikasikan pada multisensor dalam sistem SOFC untuk mengukur kadar gas oksigen, gas hidrogen, suhu, aliran H₂ dan O₂, tekanan udara, arus, dan tegangan. Parameter multisensor yang diakuisisi meliputi kadar gas oksigen menggunakan sensor ME2-O2, kadar gas hidrogen menggunakan sensor MQ-8, suhu menggunakan sensor thermocouple tipe-K dengan modul MAX6675, aliran H₂ dan O₂ menggunakan sensor D6F-05N2, tekanan menggunakan sensor HK1100C, arus menggunakan sensor INA219, dan tegangan menggunakan rangkaian Op-Amp. Data hasil pengukuran sensor ditampilkan melalui sebuah Human Machine Interface (HMI). Dari hasil pengujian, didapatkan suhu dengan error rata-rata sebesar 2,6%, aliran dengan regulator tangki oksigen dan tangki argon didapatkan suhu dengan error rata-rata 0,09 dan 0,122, tekanan udara pada bukaan valve 10° sistem hidrogen sebesar 212,93 KPa dan sistem oksigen 235,14 KPa, arus dengan error rata-rata 2,246%, tegangan error rata-rata 0,336%, kadar gas oksigen rata-rata sebesar 26,47%, dan kadar gas hidrogen rata-rata sebesar 25,6 ppm.

Kata Kunci : ME2-O2, MQ-8, Thermocouple, MAX6675, D6F-05N2, HK1100C, INA219, Op-Amp, HMI, SOFC

Abstract

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) as a renewable energy source that has 65% highest level of efficiency is one alternative that can be used to meet human needs for electrical energy. The SOFC system requires a data acquisition system to retrieve, display and process data from sensors contained in the SOFC component to measure oxygen gas, hydrogen gas, temperature, H₂ and O₂ flow, air pressure, current, and voltage. The multisensor parameters include oxygen gas level using ME2-O2 sensor, hydrogen gas level using MQ-8 sensor, temperature using K-type thermocouple sensor with MAX6675 module, H₂ and O₂ flow using D6F-05N2 sensor, pressure using HK1100C sensor, current using INA219 sensor, and voltage using Op-Amp circuit. Sensor measurement results are displayed through a Human Machine Interface (HMI). From the test results, temperatures obtained 2,6% average error, flow with an oxygen and argon tank regulator obtained 0.09 and 0.122 average error, air pressure on the 10° valve opening at hydrogen system is 212.93 KPa and 235.14 KPa at oxygen system, current with a 2,246% average error, voltage average error of 0.336%, oxygen gas content average of 26.47%, and hydrogen gas content average of 25.6 ppm.

Keywords: ME2-O2, MQ-8, Thermocouple, MAX6675, D6F-05N2, HK1100C, INA219, Op-Amp, HMI, SOFC

1. Pendahuluan

Pada kehidupan manusia, energi merupakan salah satu kebutuhan utama yang tidak dapat dipisahkan. Kebutuhan energi terutama energi listrik semakin meningkat diantaranya jumlah penduduk, taraf hidup masyarakat, dan jumlah kendaraan yang semakin meningkat serta pertumbuhan industri semakin pesat. Untuk menanggulangi itu dibutuhkan energi terbarukan, salah satunya yaitu *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). *Solid Oxide*

Fuel Cell (SOFC) adalah salah satu dari jenis sel bahan bakar yang memiliki efisiensi yang paling tinggi yang dapat mencapai 65% [1]. SOFC merupakan perangkat pengubah energi elektrokimia gas menjadi listrik secara langsung yang berbasis material keramik. Komponen utama SOFC adalah anoda, elektrolit, dan katoda yang dibuat dari material keramik dan beroperasi pada temperatur 500-1000°C [2].

Dalam sistem SOFC, dibutuhkan suatu sistem untuk mengambil, menampilkan maupun mengolah data. Oleh

karena itu dibutuhkan suatu perangkat untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satunya yaitu sistem akuisisi data. Akuisisi data merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data yang sedang berjalan, kemudian data tersebut diolah lebih lanjut dalam komputer untuk keperluan tertentu [3].

Human Machine Interface (HMI) merupakan perangkat lunak yang memiliki fungsi untuk melakukan mengendalikan, memantau dan mengambil data-data atau informasi dari suatu alat [4]. Human Machine Interface (HMI) memiliki fungsi untuk menampilkan data dan pemantauan pada kondisi kerja alat dalam sebuah monitor.

Hot Asi melakukan penelitian dengan membuat sistem akuisisi data alat ukur multisensor (arus, tegangan, hambatan, dan suhu digital) dengan menggunakan arduino UNO sebagai *mainboard* yang sudah berhasil dibuat dengan menggunakan konektivitas Bluetooth dan hasilnya ditampilkan pada ponsel cerdas android [5]. Namun penggunaan konektivitas bluetooth masih memiliki kekurangan yaitu pengiriman data yang kurang fleksibel. Harum Amalia Sandi merancang sistem akuisisi data multisensor (suhu, konsentrasi hidrogen, konsentrasi oksigen, dan tekanan) yang sudah berhasil dibuat dengan menggunakan arduino MEGA sebagai *mainboard* dan ditampilkan melalui konektivitas Internet dan hasilnya ditampilkan pada web dan android [6]. Namun belum diimplementasikan langsung pada komponen SOFC. Namun belum diimplementasikan langsung pada komponen SOFC.

Dalam penelitian ini merancang sistem kelengkapan alat uji pada *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) dengan sistem akuisisi data multisensor untuk mengukur parameter kadar gas oksigen, hidrogen, suhu, tekanan gas, aliran gas, arus dan tegangan yang ditampilkan melalui HMI.

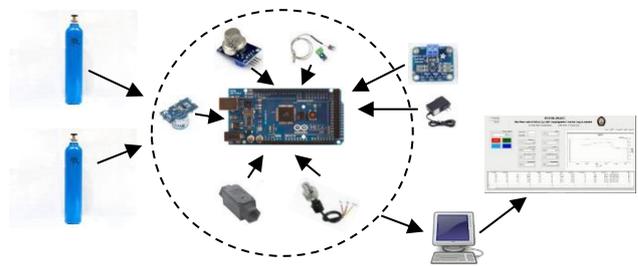
2. Metode

2.1. Perancangan *Hardware* Sistem Akuisisi Data Multisensor

Perancangan perangkat keras (*hardware*) sistem akuisisi data multisensor terdiri atas Arduino Mega 2560, catu daya DC, sensor oksigen ME2-O2, sensor hidrogen MQ-8, sensor suhu *thermocouple* MAX6675, sensor tekanan udara HK1100C, sensor aliran D6F-05N2, sensor arus INA219, serta sensor tegangan menggunakan rangkaian *Op-Amp*. Gambar 1 menunjukkan blok diagram rancangan perangkat keras sistem akuisisi data multisensor dan *Human Machine Interface* berbasis Mikrokontroler.

1. Arduino Mega 2560 R3 berfungsi sebagai pusat pengendalian dan pengolahan data pada sistem akuisisi data multisensor, pemrograman menggunakan Arduino IDE.
2. Sensor ME2-O2 merupakan sensor yang akan mendeteksi kadar oksigen di udara bebas.

3. Sensor MQ-8 merupakan sensor yang akan mendeteksi kadar hidrogen di udara bebas.
4. Sensor *thermocouple* tipe K dengan modul MAX6675 merupakan sensor yang akan mendeteksi suhu pada lingkungan sekitar.
5. Sensor HK1100C merupakan sensor yang akan mendeteksi tekanan udara.
6. Sensor D6F-05N2 merupakan sensor yang akan mendeteksi aliran.
7. Sensor INA219 merupakan sensor yang akan mendeteksi arus.
8. Sensor tegangan menggunakan rangkaian *Op-amp* merupakan sensor yang akan mendeteksi tegangan.
9. *Human Machine Interface* (HMI) digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran data multisensor yang berupa grafik-grafik parameter dan tabel akuisisi data.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Sistem Akuisisi Data Multisensor

2.1.1. Perancangan Perangkat Sensor Oksigen

Sensor gas oksigen yang digunakan adalah sensor ME2-O2 dengan *grove analog* modul buatan Winsen China. Sensor ini digunakan untuk mengukur kadar oksigen yang terkandung dalam udara bebas. Berdasarkan *datasheet*, sensor ini membutuhkan tegangan sebesar 5V [7]. Terdapat empat koneksi pin pada modul sensor ME2-O2 ini. Namun dalam perancangan perangkat sensor ini hanya digunakan tiga pin koneksi yang masing-masing dihubungkan pada pin Arduino Mega 2560. Pin GND dan VCC pada ME2-O2 dihubungkan dengan pin Ground dan 5V pada Arduino. Sedangkan, pin SIG ME2-O2 dihubungkan dengan pin analog A3 pada Arduino.

2.1.2. Perancangan Perangkat Sensor Hidrogen

Sensor gas yang digunakan adalah sensor MQ seri 8 buatan Hanwei China. Sensor seri ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas H₂ (hidrogen) yang terkandung di udara. Berdasarkan *datasheet* sensor ini membutuhkan *supply* tegangan sebesar 5V [8]. Terdapat empat koneksi pin pada modul sensor MQ-8 ini yang masing-masing dihubungkan pada pin Arduino Mega 2560. Pin GND dan VCC pada MQ-8 dihubungkan dengan pin Ground dan 5V pada Arduino. Sedangkan, pin A0 (*analog output*) MQ-8 dihubungkan dengan pin analog A1 pada Arduino

2.1.3. Perancangan Perangkat Sensor Suhu

Perancangan perangkat pengukur suhu ini menggunakan sensor *thermocouple* tipe K dengan menggunakan modul MAX6675. MAX6675 digunakan sebagai pembaca *temperature* dari *thermocouple* tipe K dengan *output* berupa data SPI dengan resolusi 12 bit ADC. *Thermocouple* tipe K dihubungkan dengan modul MAX6675 dengan menghubungkan konektor + dan – pada *thermocouple* dengan konektor + dan – pada MAX6675. Terdapat lima pin koneksi pada MAX6675 yang masing-masing dihubungkan dengan pin pada Arduino. Pin GND dan VCC pada MAX6675 dihubungkan dengan Ground dan 5V pada Arduino. SO (*serial data output*) MAX6675 dihubungkan dengan pin D50 pada Arduino. CS (*chip select*) MAX6675 dihubungkan dengan pin D51 Arduino. Sedangkan CSK (*serial clock input*) MAX6675 dihubungkan dengan pin D52 Arduino.

2.1.4. Perancangan Perangkat Sensor Aliran Udara

Sensor aliran udara yang digunakan adalah sensor aliran udara D6F-05N2. Sensor ini memiliki toleransi akurasi maksimal 3% pada suhu 25 °C [9]. Untuk mendeteksi aliran udara D6F-05N2 dilakukan pengkoneksian pin pada Arduino. Pin GND dan VCC pada D6F-05N2 dihubungkan dengan Ground dan 12V pada Arduino. Pin Vout D6F-05N2 dihubungkan dengan pin A6 untuk aliran oksigen dan A5 untuk aliran hidrogen pada Arduino.

2.1.5. Perancangan Perangkat Sensor Tekanan Udara

Sensor tekanan udara yang digunakan adalah sensor HK1100C. Sensor ini memiliki toleransi akurasi maksimal 1,5 % pada suhu antara 0 hingga 85 °C [10]. Untuk mendeteksi tekanan udara, dilakukan pengkoneksian pin HK1100C dengan pin pada Arduino. Pin GND dan VCC pada HK1100C dihubungkan dengan Ground dan 5V pada Arduino. Pin Vout HK1100C dihubungkan dengan pin A0 untuk tekanan pada oksigen dan A2 untuk tekanan pada hidrogen pada Arduino.

2.1.6. Perancangan Perangkat Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan adalah sensor INA219. Sensor ini dapat mengukur sumber beban sampai 26 V DC dan arus 3,2 Ampere, tegangan melewati komunikasi I2C dengan tingkat presisi 1%. INA219 merupakan sensor sistem bi-directional menggunakan tahanan shunt. [11]. Untuk mendeteksi arus, dilakukan pengkoneksian pin INA219 dengan pin pada Arduino. Pin GND dan VCC pada INA219 dihubungkan dengan Ground dan 12V pada Arduino. Pin Vout INA219 dihubungkan dengan pin Vout. Pin SDA dihubungkan dengan pin D20. Pin SCL dihubungkan dengan pin D21.

2.1.7. Perancangan Perangkat Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan adalah tegangan menggunakan rangkaian penguat tak membalik menggunakan operasional amplifier (*Op-Amp*). Untuk mendeteksi tegangan, dilakukan pengkoneksian pin sensor Tegangan dengan pin pada Arduino. Pin GND dan VCC pada sensor tegangan dihubungkan dengan Ground dan 12V pada Arduino. Pin Analog sensor tegangan dihubungkan dengan pin A4.

2.1.5. Perancangan LCD

Perancangan LCD sebagai penampil data pada HMI menggunakan tipe LCD 16x4. LCD terhubung pada Arduino Mega melalui komunikasi I2C dengan melakukan koneksi pin antara LCD dengan Arduino. Pin SCL pada LCD dihubungkan dengan pin SCL pada Arduino. Pin SDA pada LCD dihubungkan dengan pin SDA pada Arduino. Pin VCC pada LCD dihubungkan dengan pin AREF pada Arduino. Pin GND pada LCD dihubungkan dengan pin GND pada Arduino.

2.1.6. Perancangan Catu Daya

Pada perancangan perangkat keras ini digunakan catu daya yang berfungsi untuk memberikan *supply* tegangan ke Arduino dan sensor. Catu daya yang digunakan adalah 5V dan 12V DC. IC *voltage regulator* LM324 digunakan untuk menurunkan tegangan catu daya dari 12V menjadi 5V. Modul LM324 ini mampu mengeluarkan arus maksimal 3 A, dengan daya input 3,5 V sampai 40 V, dan daya output 1,2 V sampai 37 V. Range tegangan input minimal 1,5 volt lebih besar dari tegangan input.

2.2. Perancangan Software Sistem Akuisisi Data Multisensor

Perancangan perangkat-lunak (*software*) mencakup kedalam pembuatan program untuk Arduino Mega 2560 sebagai unit pengendali. Perangkat-lunak merupakan suatu bagian penting dalam perancangan sistem akuisisi data multisensor ini. Program *compiler* yang dipakai menggunakan Arduino IDE yang telah *compatible* dengan bahasa Arduino sehingga lebih mudah daripada *compiler* lain. Selain hal tersebut, Arduino IDE telah menyediakan pustaka fungsi yang terdokumentasi dalam *library* yang tersedia atau dapat diunduh secara bebas di internet. Program Arduino dirancang agar dapat mengolah data pembacaan masing-masing sensor pada perangkat keras sehingga hasilnya dapat diakuisisi melalui Visual Studio menjadi *Human Machine Interface* (HMI).

Berikut ini merupakan algoritma program Arduino yang digunakan.

- Pada saat start, program memulai menginisialisasi pin Arduino yang terhubung ke masing-masing sensor hidrogen, oksigen, suhu, tekanan, aliran dan arus.
- Selanjutnya program akan mengeksekusi kode program untuk pembacaan nilai sensor hidrogen oleh MQ-8.
- Program mengeksekusi kode program untuk pembacaan nilai sensor oksigen oleh ME2-O2.
- Program mengeksekusi kode program untuk pembacaan nilai sensor suhu oleh *thermocouple* MAX6675.
- Program mengeksekusi kode program untuk pembacaan nilai sensor tekanan udara oleh HK1100C.
- Program mengeksekusi kode program untuk pembacaan nilai sensor aliran udara oleh D6F-05N2.
- Program mengeksekusi kode program untuk pembacaan nilai sensor arus oleh INA219.
- Nilai parameter masing-masing sensor dikirimkan ke halaman *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan perintah Visual Studio.
- Program selesai.

2.2.1. Perancangan Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran sensor yang sudah diolah dengan Arduino. HMI ini dibuat menggunakan software Visual Studio dimana sensor yang terukur yaitu sensor tekanan, aliran, konsentrasi pada oksigen dan hidrogen, suhu, arus, dan tegangan pada SOFC.

1. Pada saat akan memulai program, harus memilih COM yang terdapat pada *Port Setup*, selanjutnya terdapat tombol *start* yang berfungsi untuk memulai program, tombol *stop* untuk berhentinya program, *save* untuk menyimpan hasil pemantauan pada SOFC serta tombol *clear* untuk menghapus pemantauan yang sudah berlangsung untuk memulai pemantauan baru kembali.
2. Pada tampilan HMI terdapat 2 kolom untuk tanggal dan waktu, yang digunakan untuk melihat waktu saat pemantauan yang sedang berlangsung.
3. Pada tampilan HMI terdapat kolom grafik untuk menampilkan grafik dari berbagai sensor yang dibutuhkan pada SOFC.
4. Terdapat tampilan sensor *real time* yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari berbagai sensor secara *real time* pada *Human Machine Interface* (HMI) pada perancangan ini.
5. Terdapat kolom tabel yang memperlihatkan hasil pemantauan dan waktu dari berbagai sensor secara menyeluruh melalui tabel secara *real time*.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Sensor

Pengujian dan analisis sistem akuisisi data yang telah dirancang dilakukan dengan melakukan pengujian dan pengambilan data untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan dengan baik atau tidak sehingga dapat diketahui

keberhasilan perancangan dan kehandalan dari sistem yang dibuat serta menganalisa sistem tersebut.

3.1.1. Pengujian Sensor D6F-05N2

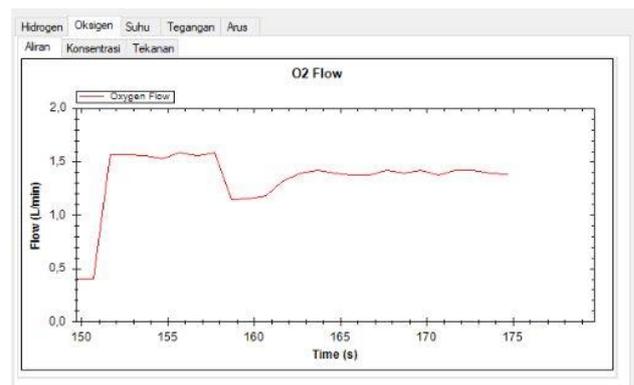
Pengujian sensor D6F-05N2 dilakukan dengan masukan berupa udara terukur dari tangki gas oksigen dengan aliran maksimum 5 L/menit dengan variasi tiap 1 L/menit. Pada pengujian ini tidak menggunakan gas hidrogen akan tetapi sistem yang digunakan sama dengan gas argon. Nilai aliran terbaca dibandingkan dengan alat ukur pada regulator tangki. Hasil pengujian sensor D6F-05N2 ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini.

Tabel 1. Hasil pengujian Sensor Aliran D6F-05N2 dengan Regulator Tangki Oksigen

No	Input (L/min)	Aliran (L/min)		Error
		Regulator	D6F-05N2	
1	1	1,2	1,38	0,18
2	2	2,3	2,4	0,1
3	3	3,4	3,42	0,02
4	4	4,3	4,33	0,03
5	5	5	4,88	0,12
			Rata-rata	0,09

Tabel 2. Hasil pengujian Sensor Aliran D6F-05N2 dengan Regulator Tangki Argon

No	Input (L/min)	Aliran (L/min)		Error
		Regulator	D6F-05N2	
1	1	1	1,01	0,01
2	2	2	2,01	0,01
3	3	3	3,15	0,15
4	4	4	4	0
5	5	5	4,56	0,44
			Rata-rata	0,122

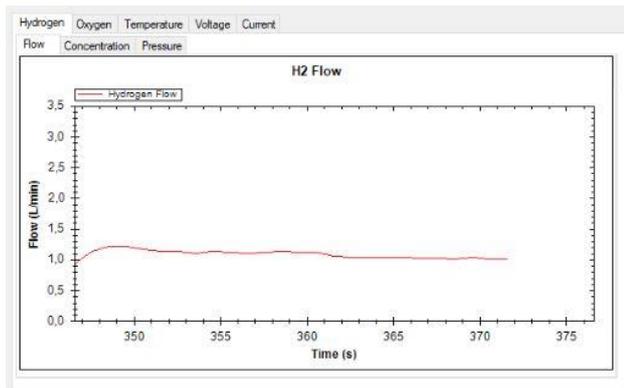


Gambar 2. Hasil pembacaan HMI sensor D6F-05N2 pada tangki oksigen

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa dari lima kali pengambilan data pembacaan sensor D6F-05N2 dengan regulator tangki oksigen dan tangki argon didapatkan aliran dengan *error* rata-rata 0,09 dan 0,122. *Error* tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan respon pembacaan sensor dengan regulator tangki serta pengaruh dari peletakan antara sensor dengan regulator

tangki. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya aliran gas dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada regulator tangki.

Hasil pembacaan sensor D6F-05N2 pada tangki oksigen dan argon menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pembacaan HMI sensor D6F-05N2 pada tangki argon

3.1.2. Pengujian Sensor HK1100c

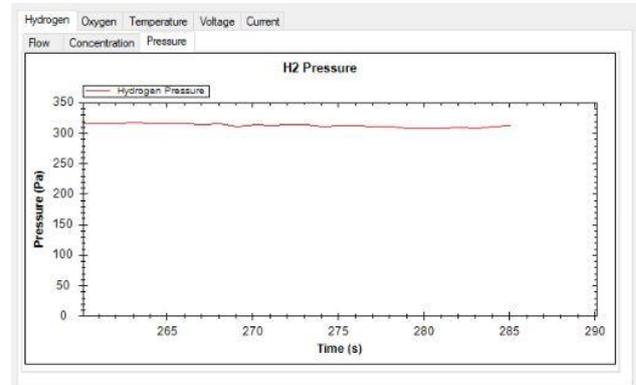
Pengujian sensor HK1100c dilakukan dengan masukan berupa gas pada tangki argon dan hidrogen dengan variasi bukaan valve 10° hingga 90°. Pengujian dilakukan pada sistem hidrogen dan sistem oksigen. Hasil pengujian sensor HK1100c ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil pengujian Sensor Tekanan HK1100c pada sistem hidrogen dan oksigen

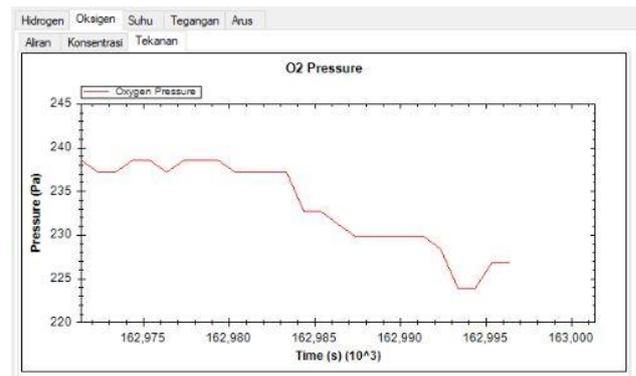
No	Valve (°)	Tekanan (KPa)	
		HK1100c Hidrogen	HK1100c Oksigen
1	1	212,93	235,14
2	2	313,17	232,04
3	3	312,36	228,95
4	4	311,87	222,59
5	5	303,07	208,09
6	6	154,82	20,25
7	7	14,53	12,26
8	8	0	9,01
9	9	0	8,652

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa dari 10 kali pengambilan data pembacaan sensor HK100c pada sistem hidrogen dan oksigen didapatkan tekanan dengan bukaan valve 10° pada sistem hidrogen sebesar 212,93 KPa dan sistem oksigen sebesar 235,14 KPa. Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan jenis gas, respon pembacaan sensor serta pengaruh dari peletakan antara sensor HK1100C, valve dan tangki gas. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya tekanan udara dapat membaca perubahan pada sistem hidrogen dan oksigen.

Hasil pembacaan sensor HK1100C pada sistem hidrogen dan sistem oksigen menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil pembacaan HMI sensor HK1100C pada sistem hidrogen



Gambar 5. Hasil pembacaan HMI sensor HK1100C pada sistem oksigen

3.1.3. Pengujian Sensor Suhu Thermocouple K MAX6675

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran suhu menggunakan *thermocouple K* MAX6675. Pengujian pertama dilakukan dengan masukan berupa suhu terukur pada *furnace*, dengan suhu kamar awal 34°C pada *furnace* dan 27°C pada thermometer sehingga terdapat selisih 7°C, dengan variasi 100°C. Hasil pengujian sensor *thermocouple* ditunjukkan oleh Tabel 4.

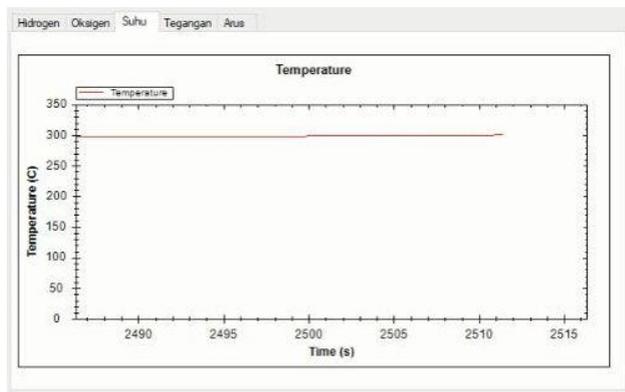
Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa dari delapan kali pengambilan data pembacaan sensor *thermocouple K* MAX6675 dengan *furnace* didapatkan tekanan dengan *error* rata-rata 8,86 dan persentase *error* rata-rata 2,6%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke-8 yaitu memiliki *error* sebesar 25, disusul berurutan pada pengujian ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5, ke-6, dan ke-7 yaitu memiliki *error* sebesar 9,3; 0,3; 10,5; 4,8; 8,3; 8,7; dan 4. *Error* tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan

pada saat suhu kamar awal sebelum dilakukan *set point* memiliki perbedaan 7°C serta pengaruh dari perbedaan bahan material sensor dan furnace. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya suhu pada sensor dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada *furnace*.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor *thermocouple* tipe K MAX6675

No	Set Point	Suhu (°C)		Error	%Error
		Furnace	Thermo couple		
1	100	111,4	102,1	9,3	9,3
2	200	202,3	202	0,3	0,15
3	300	306	295,5	10,5	3,5
4	400	394,3	399,1	4,8	1,2
5	500	492,3	500,6	8,3	1,66
6	600	594	602,7	8,7	1,45
7	700	695,5	699,5	4	0,57
8	800	792,8	767,8	25	3,12
Rata-rata				8,86	2,6%

Hasil pembacaan sensor *thermocouple* K MAX6675 menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil pembacaan HMI sensor *thermocouple* K MAX6675

3.1.4. Pengujian Sensor arus INA219

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran arus menggunakan INA219. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor pada resistor dengan variasi nilai hambatan. Hasil pengujian sensor *thermocouple* ditunjukkan oleh Tabel 5.

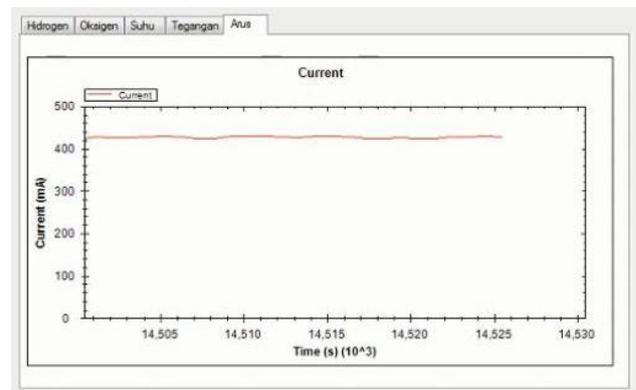
Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa dari sepuluh kali pengambilan data pembacaan sensor INA219 dengan multimeter didapatkan tekanan dengan *error* rata-rata 5,2 dan persentase *error* rata-rata 2,246%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke-1 yaitu memiliki *error* sebesar 9, disusul berurutan pada pengujian ke-2, ke-3, ke-4, ke-5, ke-6, ke-7, ke-8, ke-9, dan ke-10 yaitu memiliki *error* sebesar 6; 7; 6; 5; 1; 5; 5; 5; dan 3. *Error* tersebut

dapat disebabkan karena adanya perbedaan respon pembacaan sensor INA219 dengan multimeter. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya arus pada sensor dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada multimeter.

Tabel 5. Hasil pengujian sensor INA219

No	Resistor (Ω)	Arus (mA)		Error	%Error
		Multimeter	INA 219		
1	2	454	463	9	1,98
2	2.50	421	427	6	1,42
3	3.33	375	382	7	1,86
4	5	324	330	6	1,85
5	8.33	264	269	5	5,28
6	9.40	239	240	1	0,41
7	11.75	214	219	5	2,33
8	12.5	208	213	5	2,4
9	15.67	181	186	5	2,76
10	23.5	138	141	3	2,17
Rata-rata				5,2	2,246%

Hasil pembacaan sensor INA219 dengan multimeter menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Hasil pembacaan HMI sensor INA219 dengan multimeter

3.1.5. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian tegangan dilakukan dengan menghubungkan rangkaian pembagi tegangan dengan rangkaian pembagi tegangan dengan melakukan variasi nilai trimpot. Nilai tegangan yang terbaca dibandingkan dengan multimeter. Hasil pengujian sensor tegangan ditunjukkan oleh Tabel 6.

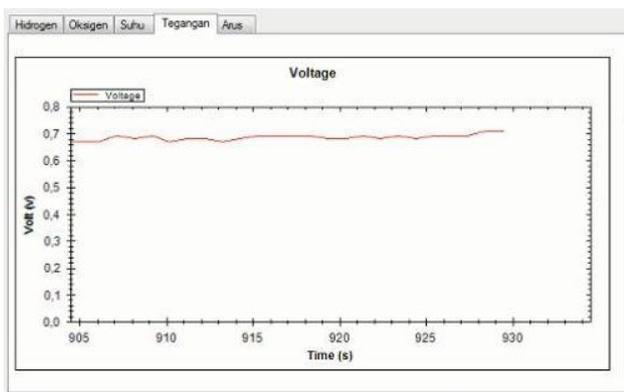
Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa dari sepuluh kali pengambilan data pembacaan sensor tegangan dengan multimeter didapatkan tegangan dengan *error* rata-rata 0,003 dan persentase *error* rata-rata 0,336%. *Error* terbesar didapatkan pada pengujian ke-8, ke-9, ke-10, yaitu memiliki *error* sebesar 0,003, disusul berurutan pada pengujian ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5, ke-6, dan ke-7 yaitu memiliki *error* sebesar 0. *Error* tersebut dapat disebabkan

karena adanya perbedaan respon pembacaan sensor dengan multimeter. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya tegangan pada sensor dapat membaca perubahan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada multimeter.

Tabel 6. Hasil pengujian sensor Tegangan

No	Tegangan (V)		Error	%Error
	Multimeter	Sensor Tegangan		
1	0,1	0,1	0	0
2	0,2	0,2	0	0
3	0,3	0,3	0	0
4	0,4	0,4	0	0
5	0,5	0,5	0	0
6	0,62	0,62	0	0
7	0,71	0,71	0	0
8	0,8	0,79	0,01	1,25
9	0,9	0,89	0,01	1,11
10	1	0,99	0,01	1
		Rata-rata	0,003	0,336%

Hasil pembacaan sensor tegangan dengan multimeter menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil pembacaan HMI sensor tegangan dengan multimeter

3.1.6. Pengujian Sensor ME2-O2

Pengujian sensor gas oksigen dilakukan dengan cara mengukur kadar oksigen yang terbaca oleh sensor ME2-O2 yang tertampil pada HMI dibandingkan dengan kadar oksigen diudara dengan melihat regulator pada tabung oksigen. Pada percobaan ini dibandingkan dengan kadar oksigen diudara bebas paling besar yaitu 23,5% [12]. Hasil pengujian sensor gas oksigen ditunjukkan oleh Tabel 7.

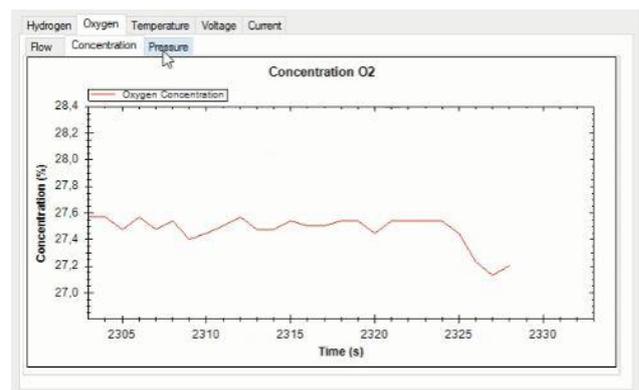
Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa dari lima kali pengambilan data pembacaan sensor ME2-O2 didapatkan kadar oksigen dengan rata-rata 26,47% dan kadar oksigen diudara sebesar 23,5%. Kadar oksigen sensor ME2-O2 terkecil didapatkan pada pengujian ke-1 yaitu sebesar 25,76%, disusul berurutan pada pengujian ke-2, ke-3, ke-4, dan ke-5 yaitu sebesar 26,52%; 26,57%; 26,72%; dan

26,77%. Hasil pengujian tersebut terdapat perbedaan dapat disebabkan karena adanya perbedaan pembacaan sensor pada saat pembukaan regulator tangki gas oksigen. Berdasarkan pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya kadar gas oksigen dapat membaca perubahan tidak jauh dari kadar oksigen diudara.

Tabel 7. Perbandingan pembacaan sensor oksigen dengan oksigen di udara

No	Regulator (L/min)	Kadar Oksigen (%)	
		Oksigen Udara	Sensor ME2-O2
1	1	23,5	25,76
2	2	23,5	26,52
3	3	23,5	26,57
4	4	23,5	26,72
5	5	23,5	26,77
	Rata – rata	23,5	26,47

Hasil pembacaan sensor ME2-O2 dengan oksigen di udara menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil pembacaan HMI sensor ME2-O2 dengan oksigen di udara

3.1.7. Pengujian Sensor MQ-8

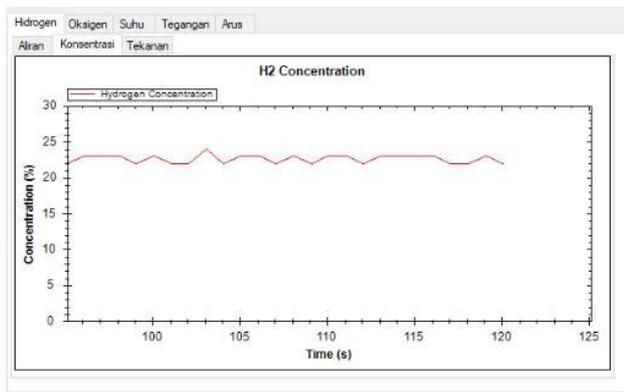
Pengujian sensor gas hidrogen dilakukan dengan cara mengukur kadar hidrogen yang terbaca oleh sensor MQ-8 yang tertampil pada HMI dibandingkan dengan kadar hidrogen maksimal di udara yaitu 4% [13] dikonversikan menjadi 40.000 ppm dengan melihat regulator pada kompresor yang dibuka menggunakan servo. Hasil pengujian sensor gas hidrogen ditunjukkan oleh Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian sensor sensor MQ-8

No	Kadar Hidrogen Sensor MQ-8 (ppm)	
	Udara Normal [6]	Udara dalam Ruang
1	25	24
2	25	24
3	26	23,54
4	26	22,7
5	26	22,6
	Rata – rata	25,6

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa dari lima kali pengambilan data pembacaan sensor MQ-8 didapatkan kadar hidrogen udara normal dengan rata-rata 25,6 ppm dan kadar hidrogen pada udara dalam ruang sebesar 23,36 ppm. Berdasarkan pengujian di atas kadar hidrogen di udara dalam ruang sebagai pengujian dibandingkan dengan kadar hidrogen pada uap air dan udara normal pada penelitian Harum Amalia Sandi [6]. Dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor MQ-8 untuk mendeteksi besarnya kadar gas hidrogen pada udara di dalam ruang tidak jauh beda dengan kadar hidrogen di udara normal. Pada percobaan pembacaan gas hidrogen ini untuk mendeteksi kebocoran pada sistem hidrogen dan belum menggunakan gas hidrogen akan tetapi menggunakan gas argon.

Hasil pembacaan sensor MQ-8 dengan hidrogen di udara menggunakan Human Machine Interface (HMI) dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pembacaan HMI sensor MQ-8 dengan hidrogen di udara

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah Perancangan sistem akuisisi data multisensor untuk mengukur oksigen, hidrogen, suhu, aliran, arus, tegangan dan tekanan udara dengan menggunakan sensor ME2-O2, MQ-8, *thermocouple* MAX6675, D6F-05N2, INA219, Rangkaian *Op-Amp* dan HK1100C dengan menggunakan Arduino Mega 2560. Pada pengujian pembacaan sensor D6F-05N2 nilai aliran yang terdeteksi sudah sesuai dengan teori regulator tangki oksigen dan tangki argon didapatkan aliran dengan *error* rata-rata 0,09 dan 0,122. Pada pengujian pembacaan tekanan oleh sensor HK1100c nilai tekanan yang terdeteksi sudah sesuai dengan teori yaitu pada bukaan valve 10° sistem hidrogen sebesar 212,93 KPa dan sistem oksigen 235,14 KPa. Pengujian pembacaan suhu oleh *thermocouple* MAX6675 dengan suhu pada *furnace* terdapat selisih *error* 8,86 dan persentase *error* rata-rata 2,6%, perbedaan ini terjadi karena pada saat suhu kamar awal sebelum dilakukan *set point* memiliki perbedaan 7°C. Pada pengujian pembacaan arus oleh

sensor INA219 nilai arus yang terdeteksi sudah sesuai dengan teori dengan *error* rata-rata 5,2 dan persentase *error* rata-rata 2,246%. Pada pengujian pembacaan tegangan oleh sensor tegangan nilai tegangan yang terdeteksi sudah sesuai dengan teori dengan *error* rata-rata 0,003 dan persentase *error* rata-rata 0,336%. Pada pengujian pembacaan gas oksigen sensor ME2-O2 nilai kadar oksigen yang terdeteksi sudah sesuai dengan teori dengan rata-rata sebesar 26,47% untuk kadar oksigen yang dialiri gas oksigen tidak jauh beda dengan kadat oksigen di udara bebas paling besar yaitu 23,5%. Pada pengujian pembacaan gas hidrogen sensor MQ-8 nilai kadar hidrogen didapatkan kadar hidrogen udara normal dengan rata-rata 25,6 ppm dan kadar hidrogen pada udara dalam ruang sebesar 23,36 ppm. Dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor MQ-8 untuk mendeteksi besarnya kadar gas hidrogen pada udara di dalam ruang tidak jauh beda dengan kadar hidrogen di udara normal. Pada pengujian HMI, tabel dan grafik sudah bisa ditampilkan sudah berjalan dengan baik dan *database* dapat disimpan dengan baik.

Referensi

- [1]. N. Tuyen and G. Fujita, "Modelling a SOFC Power Unit Using Natural gas Fed Directly," *Adv. Nat. Gas Technol.*, pp. 498–524, 2012.
- [2]. H. Y. Wolf Vielstich and H. A. Gasteiger, *Handbook of Fuel Cells Fundamental Technology and Applications*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2009.
- [3]. R. Setiawan, *Teknik Akuisisi Data*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [4]. SCADA system , Schneider Electric : Telemetry & Remote SCADA Solutions, Ontario, Kanada, 2012.
- [5]. Hot Asi Yohannes S., "Akuisisi Data Alat Ukur Arus, Tegangan, Hambatan, dan Suhu Digital dengan Konektivitas Bluetooth pada Ponsel Cerdas Android," *Transient*, vol. 5, no. ISSN: 2302–9927, p. 458, 2016.
- [6]. Harum Amalia Sandi, "Perancangan Sistem Akuisisi Data Multisensor (Sensor Oksigen, Hidrogen, Suhu, dan Tekanan) melalui Website Berbasis Android." *Transient*, vol. 7, NO. 2, , ISSN: 2302-9927, 458, Juni 2018.
- [7]. L. Zhengzhou Winsen Electronics Technology CO., "ME2-O2- Φ20 Electrochemical Oxygen Sensor Manual."
- [8]. L. Zhengzhou Winsen Electronics Technology CO., "Flammable Gas Sensor MQ-8 Manual Version 1.3," 2014.
- [9]. Omron , "MEMS Flow Sensors D6F series", No. X211-E1-06.
- [10]. Ww.isweek.com, "Low cost hydraulic pressure pneumatic oil pressure sensor HK1100C", 2017.
- [11]. Lady Ada, "Adafruit INA219 Current Sensor Breakout", 2016.
- [12]. RAE System, "Guide To Atmospheric Testing in Confined Space," *Appl. Note*, pp. 4–7, 2006.
- [13]. D. Hawley, S. Treas, C. Culbertson, R. Philips, and K. Wilson, "Hydrogen Today," *J. Am. Hydrog. Assoc.*, vol. 24, no. 2, pp. 1–12, 2013.