

Perancangan Monitoring pH dan Kelembaban dalam *Live Cell Chamber*

Mudito A. Wardhana¹, M. Julius St.², dan Nurussa'adah²

Abstrak – Sel merupakan kumpulan materi paling sederhana dan unit penyusun semua makhluk hidup. Penelitian sel sekarang masih menggunakan metode uji tabung. Metode ini mempunyai kelemahan yaitu penggantian cairan pada cawan petri seringkali terkontaminasi fungi dan cuci ulang inkubator meninggalkan formaldehid yang sulit dihilangkan. Sehingga perlu dirancang sebuah media dimana sel bisa tumbuh dengan parameter-parameter (suhu, pH, kelembaban, CO₂) yang dapat terdeteksi langsung dan dikontrol tanpa harus mengganti cairan cawan petri secara manual.

Tujuan penelitian ini adalah merancang sensor yang mendeteksi perubahan pH dan kelembaban yang terjadi dalam sistem *Live Cell Chamber*. Penelitian ini memakai sensor pH *Glass Electrode*, sensor suhu dan kelembaban SHT 11 serta mikrokontroler ATmega 128 sebagai pengatur utama sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor elektroda pH memiliki nilai keluaran sebesar $\pm 56\text{mV}$ per satuan pH. RPS menghasilkan tegangan 2,49 V pada pH = 7 dan tegangan berubah naik sekitar 0,37 V/pH jika kondisi pH menurun (asam) dan turun 0,37 V/pH jika kondisi pH naik (basa). Tingkat kesalahan 1,234% untuk pH meter dan 0,306% untuk sensor kelembaban ketika masing-masing dikalibrasi dengan alat ukur lain.

Kata kunci : sel, pH, kelembaban, *Glass Electrode*, ATmega 128.

I. PENDAHULUAN

Pada dewasa ini banyak sekali penelitian-penelitian terhadap sel makhluk hidup.

Penelitian saat ini kebanyakan masih menggunakan metode tabung uji dengan media penumbuhannya yaitu inkubator. Kedua metode diatas mempunyai kelemahan-kelemahan salah satu nya pemindahan sel pada waktu pengamatan akan bereaksi dengan udara luar yang menyebabkan kondisi sel berubah.

Berdasarkan masalah yang ditemui diatas maka perlu dirancang suatu media yaitu *Live Chamber Cell*, adalah sistem culture sel dimana bisa diberi reaksi dan bisa diamati secara langsung

oleh peneliti. Dalam media tersebut sel bisa diberi reaksi sesuai kondisi alaminya dan diharapkan bisa tumbuh sesuai perlakuan yang telah diberikan. Dalam hal ini sebuah sel bisa tumbuh sesuai kondisi aslinya jika 5 parameter dapat dipenuhi, antara lain parameter CO₂, parameter suhu, parameter kelembaban, parameter pH dan parameter nutrisi dalam bentuk aliran (*flow*). Dalam penelitian ini penulis mencoba merancang "*Live Chamber Cell*" dengan parameter yang bisa diubah-ubah sesuai sel yang diteliti dan dalam skripsi ini pembahasan akan dikhususkan pada sensor pH dan kelembaban pada sistem "*Live Chamber Cell*".

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yang dapat dirumuskan menjadi 2 permasalahan utama, bagaimana merancang alat yang mampu menjaga kestabilan pH dan kelembaban secara otomatis menggunakan mikrokontroler serta bagaimana mengatur keluaran tegangan sensor agar mampu diproses oleh mikrokontroler. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

A. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan pengatur pH-*flow* dan kelembaban terbagi dalam 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras berupa pembuatan blok diagram lengkap sistem, perancangan modul pengukur kelembaban dengan ADC mikrokontroler ATMEGA 128, perancangan rangkaian pengondisi sinyal sensor, penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan serta pembuatan rangkaian elektrik pengondisi sinyal sensor. Bagian yang kedua adalah perancangan perangkat lunak berupa diagram alir sistem pembacaan pH-*flow* dan kelembaban.

B. Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan pada setiap blok rangkaian dan hasil pada masing-masing blok diamati. Setelah pengujian tiap blok dilakukan kemudian pengujian dilakukan pada keseluruhan blok yang menjadi satu sistem *Live Cell Chamber*. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap:

1. Pengujian mikrokontroler

1) Mudito A. Wardhana adalah mahasiswa program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (penulis dapat dihubungi melalui email: mudito_prosesor2008@yahoo.com).

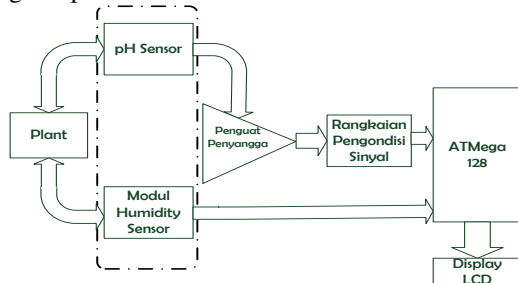
2) Ir.M.Julius St., MS. dan Ir. Nurussa'adah, MT adalah dosen pengajar program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email: julius@brawijaya.ac.id; rossa@brawijaya.ac.id).

2. Pengujian modul sensor SHT 11
3. Pengujian sensor pH
4. Pengujian pengondisi sinyal
5. Pengujian keseluruhan sistem

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Blok Diagram Pengatur pH dan Kelembaban

Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem pengatur pH dan kelembaban.



Gambar. 1 Diagram blok sistem pengatur pH dan kelembaban

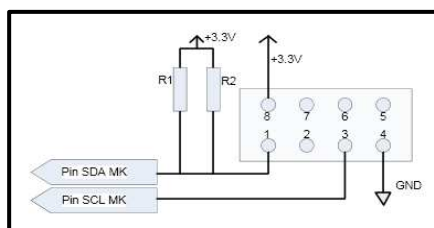
Prinsip kerja sistem yang akan dirancang ini adalah sensor yang terdiri dari sensor pH (*Glass Electrode*) dan sensor kelembaban SHT 11 berfungsi membaca perubahan pH dan kelembaban pH yang terjadi dalam *plant*. Sinyal-sinyal keluaran dari sensor yang masih berupa sinyal analog di proses terlebih dahulu melalui penguat penyangga dan rangkaian pengondisi sinyal agar sesuai dengan sinyal yang dibutuhkan untuk dapat dibaca oleh mikrokontroler ATmega 128. Dalam mikrokontroler ATmega 128 terjadi perubahan sinyal analog menjadi digital dan pemrosesan data sinyal untuk diteruskan ke aktuator pH dan kelembaban.

B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

- 1) Perancangan modul pengukur kelembaban

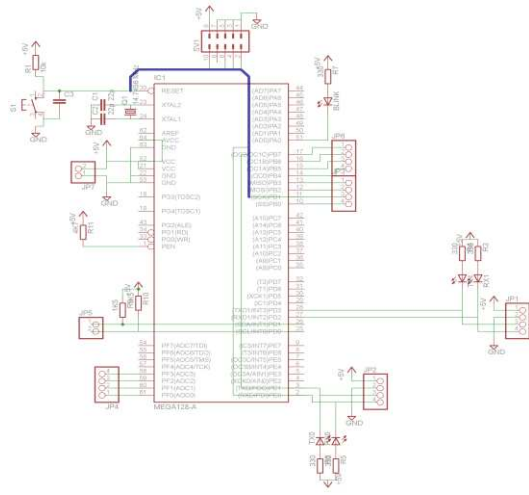
Perintah untuk mengambil data dari sensor SHT11 adalah 0x05, perintah ini akan mengambil data kelembaban sensor untuk dikirim ke mikrokontroler. Pin SCL dan SDA dihubungkan ke PORTD.0 dan PORTD.1 mikrokontroler dengan resistor *pull-up*. Berdasarkan *datasheet* mikrokontroler ATmega128 ($V_{OL(TWI)} = 0,4$ volt dan *sink current* = 3 mA), nilai $R_{pull-up}$ minimum didapatkan 1,533K Ω . Gambar 2 menunjukkan diagram blok pin yang digunakan pada sensor suhu dan kelembaban SHT 11.



Gambar. 2 Diagram blok pin SHT 11

- 2) Perancangan rangkaian minimum ATmega 128

Mikrokontroler AVR Atmega 128 memiliki ADC internal dengan resolusi 8 hingga 10 bit, yang terhubung pada *port* F0-F7. Resolusi yang digunakan adalah 10 bit, sehingga akan menghasilkan keluaran ADC 0 sampai 1023 [6]. Gambar 3 menunjukkan rangkaian sistem minimum beserta *port* yang digunakan di mikrokontroler ATmega 128



Gambar. 3 Rangkaian minimum ATmega 128

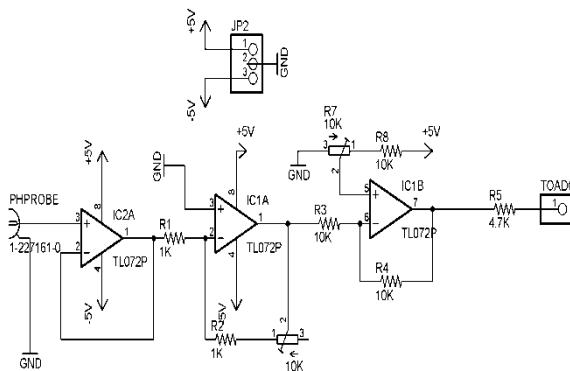
- 3) Perancangan rangkaian pengondisi sinyal sensor pH

Perancangan rangkaian pengondisi sinyal berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran dari sensor menjadi tegangan 0-5V agar dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler. ADC yang dipergunakan yaitu ADC 10 bit dengan tegangan referensi sebesar 5 V. Jadi tegangan maksimal yang dapat masuk ke dalam ADC adalah :

$$V_{in(ADC)} = 5 \times \left(\frac{2^{10}-1}{2^{10}} \right) = 4,995 \text{ V} \quad (1)$$

Untuk mendapatkan penguatan dan penambahan tegangan maka pada rangkaian digunakan rangkaian penguat pembalik, penguat penyangga (*buffer*) dan rangkaian penambah tegangan dengan menggunakan Op-Amp TL-072 karena mempunyai *noise* dan input bias yang rendah.

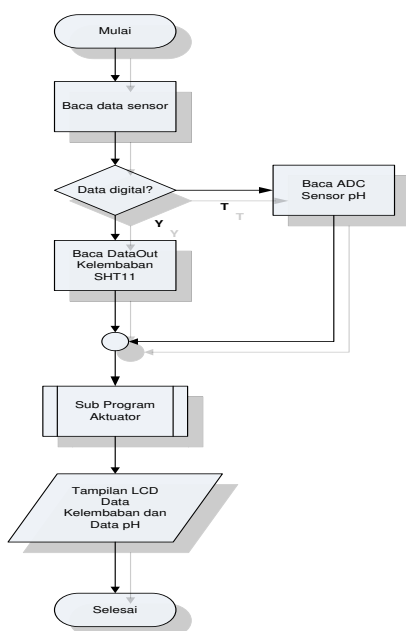
Penguatan yang dibuat oleh rangkaian pengondisi sinyal ini sebesar 6,37 kali dengan tegangan *offset* sebesar 2,4975 V. Rangkaian pengondisi sinyal sensor pH ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar. 4 Rangkaian Pengondisi Sinyal pH

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibuat dengan program *BASCOM AVR*. Gambar 5 menunjukkan algoritma pemrograman utama.



Gb. 5 Algoritma Program Utama

IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan per blok untuk dapat mengetahui permasalahan di tiap blok agar proses *troubleshooting* lebih mudah dilakukan.

A. Pengujian Mikrokontroler dan LCD

Pengujian modul LCD bertujuan untuk mengetahui keberhasilan LCD menampilkan tulisan. sesuai dengan perangkat lunak yang terdapat dalam mikrokontroler. Dalam pengujian ini, LCD dapat menampilkan tulisan “PENGUJIAN” pada baris pertama, “LCD” pada baris kedua, “SKRIPSI” pada baris ketiga dan “TERIMA KASIH” pada baris keempat. Hasil pengujian modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 6.

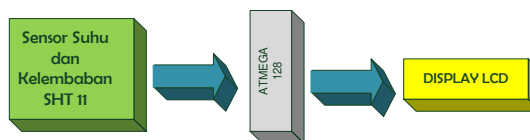


Gambar 6. Hasil Pengujian LCD

Dari hasil pengujian dapat dianalisis bahwa modul LCD dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai spesifikasi yang ditentukan.

B. Pengujian Sensor SHT 11

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan suhu dan kelembaban udara oleh sensor SHT11 terhadap pembacaan suhu serta kelembaban oleh perangkat lain yang telah terkalibrasi. Gambar 7 menunjukkan diagram blok pengujian sensor suhu-kelembaban SHT11.



Gambar. 7 Diagram blok pengujian SHT11

Hasil pengukuran kelembaban oleh sensor SHT11 dan perbandingannya dengan higrometer ditunjukkan dalam Tabel 1.

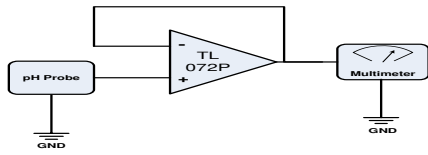
Tabel 1
Hasil Pengujian Sensor SHT 11

No	Data Higrometer (%RH)	Data Kelembaban SHT 11 (%RH)	Kesalahan (%)
1	81	81,33	0,4
2	85	85,21	0,24
3	88	87,94	0,06
4	92	92,15	0,38
5	95	95,23	0,45
Rata-Rata Kesalahan			0,306

Data pengukuran Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan pada pengukuran kelembaban oleh sensor SHT11 sebesar 0,306%. Nilai error ini muncul dikarenakan pembacaan yang tidak tepat pada higrometer untuk skala yang lebih kecil serta sensitivitas sensor SHT11 yang mampu mendeteksi perubahan kondisi dengan cepat.

C. Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor pH serta tegangan yang dihasilkan oleh elektroda dengan nilai pH pada beberapa larutan buffer pH. Nilai yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan kriteria probe pH ideal. Diagram blok pengujian sensor pH ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar. 8 Diagram blok pengujian sensor pH

Hasil Pengujian Sensor pH pada Suhu Ruang 20°C ditunjukkan dalam Tabel 2

Tabel 2
Hasil Pengujian Sensor pH pada Suhu Ruang 20°C

Buffer pH	Pengukuran ke- (mV)				
	I	II	III	IV	Rata-rata
4	168	168,4	168	170	168,6
7	-7	-6	-5	-6	-6
10	-170	-171	-172,5	-171,5	-171,25

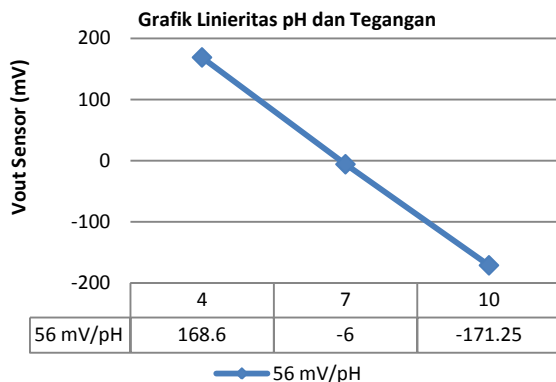
Dari hasil pengujian Tabel 2 dapat dilihat jika pH asam akan menghasilkan tegangan sensor positif, sedangkan pH basa akan menghasilkan keluaran tegangan negatif. Dengan menggunakan hasil pH 4 didapat tegangan sebesar ≈ 168 mV. pH 4 dan 7 memiliki selisih 3 unit pH, maka keluaran tegangan tiap derajat pH adalah sebesar ≈ 56 mV/pH pada suhu ruang 20°C.

Hasil pengujian pengaruh suhu terhadap tegangan keluaran sensor ditunjukkan dalam Tabel 3.

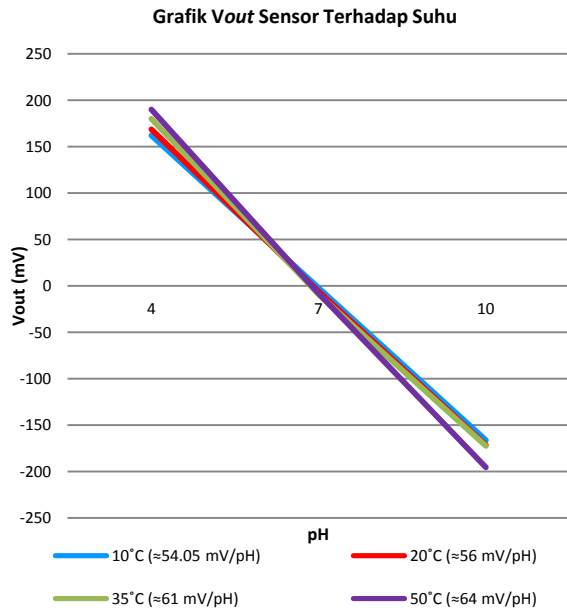
Tabel 3
Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Sensor Terhadap Suhu

Buffer pH	Pengukuran Rata-Rata V_{out} Pada Suhu-			
	10° (mV)	20° (mV)	35° (mV)	50° (mV)
4	162,1	168,6	180	190,2
7	-2	-6	-9	-8
10	-166,2	-171,25	-184,5	-195,5

Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan keluaran sensor bergeser naik dari keluaran pada suhu yang lebih rendah. Grafik keluaran tegangan sensor pH berbanding terbalik dengan kenaikan pH dan pengaruh suhu terhadap respon tegangannya ditunjukkan dalam Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar. 9 Grafik tegangan keluaran sensor pH pada suhu 20°C

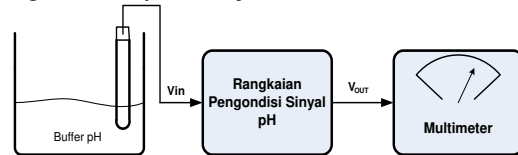


Gambar. 10 Grafik tegangan keluaran sensor pH terhadap suhu

Penyimpangan pembacaan sensor ketika pada kondisi ideal keluaran pH7 = 0 V dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu larutan buffer yang digunakan untuk pengujian tidak stabil akibat penyimpanan buffer yang kurang tepat, usia dari elektroda pH yang digunakan, serta suhu pengukuran tidak tepat sama dengan 25°C.

D. Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal

Pengujian sinyal analog bertujuan untuk memeriksa kesesuaian data hasil penguatan pengondisi sinyal keluaran sensor pH dengan teori perhitungan. Diagram pengujian rangkaian pengondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar. 11 Diagram pengujian rangkaian pengondisi sinyal

Hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal pH ditunjukkan dalam Tabel 4.

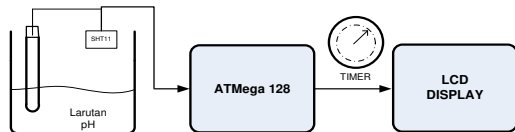
Tabel 4
Hasil Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal pH

pH	V_{in} teori (mV)	V_{out} teori (V)	V_{out} Pengujian (V)	Penyimpangan (%)
4	168	3,58	3,59	0,28
5	112	3,203	3,22	0,53
6	56	2,846	2,85	0,14
7	0	2,49	2,48	0,28
8	-56	2,13	2,1	0,14
9	-112	1,777	1,72	0,32
10	-168	1,42	1,37	3,52
Penyimpangan rata-rata				1,156

Tabel 4 menunjukkan bahwa data yang didapatkan telah mendekati perencanaan sebelumnya. *Error* rata-rata adalah 1,156% dengan *error* terbesar pada pH 10 3,52%. *Range* pengukuran efektif adalah pada pH 4-9 dengan selisih keluaran per derajat pH mencapai $\pm 0,37$ V. Adanya kesalahan hasil pengukuran rangkaian pengondisi sinyal disebabkan oleh tingkat akurasi dari komponen-komponen yang digunakan berbeda-beda.

E. Pengujian Respon Time Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca perubahan kondisi yang terjadi terhadap lingkungannya. Diagram pengujian respon sensor ditunjukkan dalam Gambar 12.



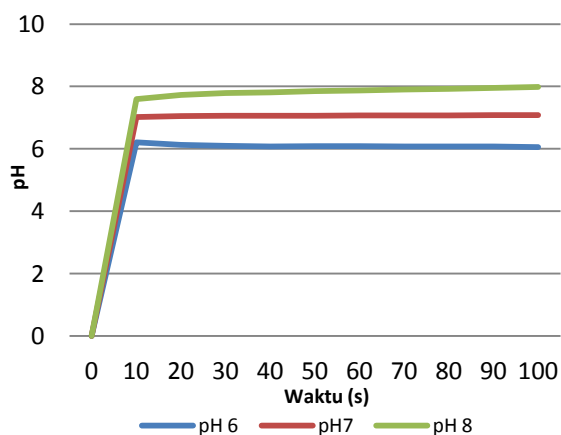
Gambar. 12 Diagram pengujian respon sensor

Hasil pengujian respon waktu sensor ditunjukkan dalam Tabel 5.

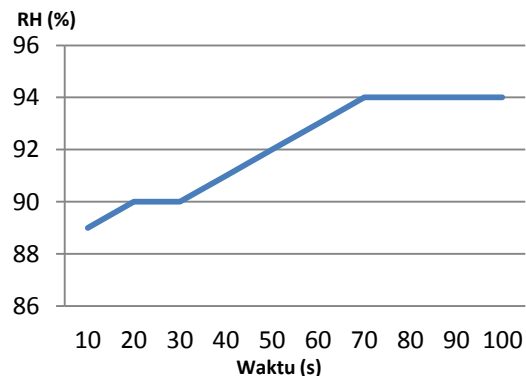
Tabel 5
Hasil Pengujian Respon Waktu Sensor

Detik Ke-	pH 6	pH 7	pH 8	Kelembaban (%)
10	6.21	7.01	7.58	89
20	6.13	7.04	7.72	90
30	6.1	7.05	7.78	90
40	6.07	7.06	7.81	91
50	6.08	7.06	7.85	92
60	6.07	7.06	7.86	93
70	6.07	7.07	7.89	94
80	6.07	7.07	7.92	94
90	6.07	7.07	7.95	94
100	6.05	7.08	7.98	94

Grafik pengujian sensor pH dan kelembaban ditunjukkan dalam Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar. 13 Grafik pengujian respon sensor pH



Gambar. 14 Grafik pengujian respon sensor

Pengujian respon sensor dilakukan dengan rentang waktu 100 detik. Dalam rentang waktu tersebut, hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pada sensor pH memiliki respon pembacaan awal yang cukup baik namun sedikit lambat untuk mencapai kestabilan. Pada sensor pH rata-rata mulai mencapai kestabilan pada waktu 70-100 detik. Untuk sensor SHT pembacaan sensor cenderung bertahap dan stabil. Pada pengujian tersendiri didapat nilai kestabilan pembacaan sensor pH baru tercapai dengan rentang waktu 3-4 menit dari awal pembacaan sensor.

F. Kalibrasi dengan pH Meter

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan sistem pengukur pH dengan alat pengukur yang sudah ada yaitu pH Meter Jenway 3310 sebagai kalibrator alat. Hasil Pengujian pH meter ATmega 128 ditunjukkan dalam Tabel 6.

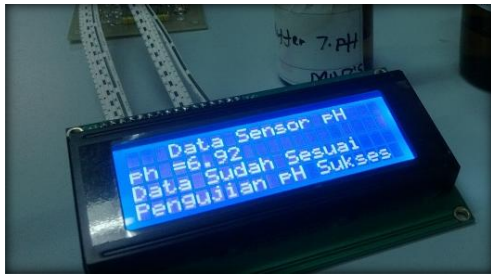
Tabel 6
Hasil Pengujian Kalibrasi pH Meter

pH	pH Meter Jenway 3310	pH Meter ATmega 128	Error (%)
4	3,96	3,94	0,5
5	5,1	5,02	1,57
6	6,11	5,99	1,96
7	6,84	6,92	1,73
8	8,17	8,09	0,98
Rata-Rata Kesalahan			1,234

Gambar 15 dan 16 menunjukkan hasil pengukuran pH meter Jenway 3310 dan ATmega 128 pada buffer pH 7.



Gambar. 15 Pembacaan pH meter Jenway 3310 pada pH 7



Gambar. 16 Pembacaan pH meter ATmega128 pada pH 7

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis sistem pengatur pH dan kelembaban *Live Cell Chamber*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor elektroda pH yang digunakan memiliki keluaran 56 mV per satuan pH.
2. Tegangan keluaran sensor elektroda pH dipengaruhi oleh suhu. Semakin naik suhu pH yang diukur, tegangan keluaran semakin bergeser naik daripada keluaran pada suhu yang lebih rendah.
3. Rangkaian Pengondisi Sinyal (RPS) untuk pH berfungsi pada jangkauan pengukuran pH efektif 4 – 9 derajat, dengan kesalahan rata-rata 1,156%.
4. RPS menghasilkan tegangan 2,49 V pada pH = 7 dan tegangan berubah naik sekitar 0,37 V per satuan pH jika kondisi pH menurun (asam). Sebaliknya tegangan turun 0,37 V per satuan pH jika kondisi pH naik (basa).
5. Hasil pengukuran kelembaban dan derajat keasaman (pH) dalam *Live Cell Chamber* dapat ditampilkan dengan baik pada display LCD dan memiliki tingkat kesalahan 1,234% pada range 4-8 derajat untuk pH meter dan 0,306% pada range 81-95% RH untuk sensor kelembaban ketika masing-masing dikalibrasi dengan alat ukur lain.

B. Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Meningkatkan tingkat akurasi pengukuran pH dengan menggunakan sensor elektroda pH dengan akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi.
2. Menggunakan rangkaian instrumentasi untuk mengurangi noise dan meningkatkan impedansi masukan rangkaian pengondisi sinyal.
3. Merancang sistem dengan rangkaian penguat integral untuk mempercepat respon pembacaan sensor.
4. Menambahkan indikator yang dapat menunjukkan saat pembacaan sensor telah mencapai kestabilan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dailey, Michael E. *Maintaining Live Cells on the Microscope Stage*. <http://microscopyu.com/articles>.
- H. Galster. 1991, *pH Measurement: Fundamentals, Methods, Applications, Instrumentation*. New York: VCH Publishers
- Lucena, Samuel E. de. 2006. *The Electronic Detail Of A Digital Ph-Meter*. Sao Paulo State University, Brazil
- Seitz, Jason. 2009. *Analog Designing with pH Electrodes*. National Semiconductor Corporation. CA. United States
- Sensirion, 2007. *SHT 11 Datasheets and Info*. http://www.sensirion.com/sensors_ diakses pada 7/09/2012 jam 01:00 GMT
- Atmel. 2010. 8-bit AVR Microcontroller with 128Kbyte in System Programmable Flash. <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf>. Diakses pada 22/12/2012.
- Malvino, AP. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika, Jilid 2, Cetakan ketiga*, terjemahan Prof. M. Barmawi, Jakarta : Erlangga
- Pujiono. 2012. *Rangkaian Elektronika Analog*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Mudito A. Wardhana**, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, Perancangan pengatur pH-Flow dan kelembaban dalam *Live Cell Chamber*, Dosen Pembimbing: Ir. M. Julius St., MS. dan Ir. Nurussa'adah, MT.