

Perancangan dan Pembuatan Aktuator CO₂ dan Suhu pada Sistem *Live Cell Chamber*

Mochamad Umar, Mochamad Rasjad Indra, Ponco Siwindarto.

Abstrak– *Live Cell Chamber* merupakan terobosan penting dalam bidang *medical engineering*. *Live Cell Chamber* tersusun atas 4 sensor, 2 mikrokontroler dan 4 aktuator. Penggunaan sensor berfungsi untuk membaca keadaan lingkungan chamber, mikrokontroler berfungsi mengolah data dari sensor dan aktuator berfungsi untuk pengatur kondisi chamber berdasarkan kondisi yang dibaca oleh sensor. Solenoid valve merupakan aktuator yang berfungsi mengatur kadar CO₂ dalam chamber dengan metode on/off pada driver nya. Peltier merupakan aktuator yang berfungsi menjaga suhu dalam chamber dengan metode on/off pada driver nya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa driver on/off kedua aktuator memiliki respon waktu yang singkat ketika mendapat masukan dari mikrokontroler sebesar ± 1 ms. Respon waktu aktuator suhu sebesar ± 38 menit untuk mencapai set poin suhu yaitu 36 °C dengan suhu awal chamber 26 °C. Respon waktu aktuator CO₂ sebesar 23 detik untuk mencapai kadar CO₂ sebesar 4,47%. Dalam uji kepresisian aktuator suhu selama 24 jam didapatkan rata-rata simpangan terhadap setpoint suhu sebesar 0,483888889°C dan simpangan terbesar yaitu 32°C dan uji kepresisian aktuator CO₂ rata-rata simpangan terhadap setpoint CO₂ sebesar 0.149027778% dan simpangan terbesar yaitu 3,89%.

Kata kunci: *Live Cell Chamber*, Aktuator, solenoid valve, peltier.

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 satunya 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 Aktuator CO₂ dan suhu pada sistem "*Live Chamber Cell*".

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Live Cell Chamber*

Sel hanya dapat mempertahankan fungsi normal selama beberapa menit tanpa media atau suhu yang sesuai. Lingkungan sel ini mencakup variabel seperti pH, kelembaban, oksigenasi, atmosfer, temperatur dan osmolaritas (Young and David, 2010).

Kondisi udara yang umum digunakan dalam *Live Cell Chamber* adalah kadar CO₂ hingga 5-7%. Kelembaban dijaga sekitar 98% dengan menggunakan ruang tertutup atau lingkungan yang dilembabkan. Kondisi suhu 28-37°C serta kondisi pH 7.2 - 7.4 merupakan kondisi ideal pertumbuhan sel. Selama kondisi tersebut dipenuhi dan juga diberikan nutrisi yang berbentuk aliran dengan kecepatan *flow* sebesar 0,01-10mL/menit, maka sel akan tetap hidup dalam chamber selama prosedur penelitian dilakukan.

B. Karbondioksida

Untuk menciptakan kondisi yang mirip dengan lingkungan saluran reproduksi, embrio atau sel makhluk hidup dikultur dalam inkubator CO₂ 5% pada suhu 37°C. Inkubator dengan CO₂ 5% digunakan untuk menjaga pH media kultur (Lisanti, 1998; Pettersson, 2004).

Karbondioksida (rumus kimia: CO₂) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Ia berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume walaupun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang penting karena ia menyerap gelombang inframerah dengan kuat. Karbon dioksida adalah hasil akhir dari organisme yang mendapatkan energi dari penguraian gula, lemak, dan asam amino dengan oksigen sebagai bagian dari metabolisme dalam proses yang dikenal sebagai respirasi sel.

C. Peltier

Peltier merupakan modul *Thermo-Electric*, umumnya dibungkus oleh keramik tipis yang berisikan batang-batang Bismuth Telluride di dalamnya. Ketika disupply tegangan DC 12 V-15 V salah satu sisi akan menjadi panas, sementara sisi lainnya akan dingin.

Prinsip kerja dari Termoelektrik adalah dengan berdasarkan Efek *Seebeck* yaitu "jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada

ujung yang satu dengan ujung yang lain”.(Muhaimin, 1993).

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yang dapat dirumuskan menjadi 2 permasalahan utama, bagaimana merancang alat yang mampu menjaga kestabilan suhu dan CO₂ secara otomatis menggunakan mikrokontroler serta bagaimana merancang alat dengan respon waktu yang cepat sesuai parameter yang ditentukan. 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 suhu dan CO₂ terbagi dalam 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras berupa pembuatan blok diagram lengkap sistem, perancangan driver, penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan. Bagian yang kedua adalah perancangan perangkat lunak berupa diagram alir *looping* sistem aktuator suhu dan sistem aktuator CO₂.

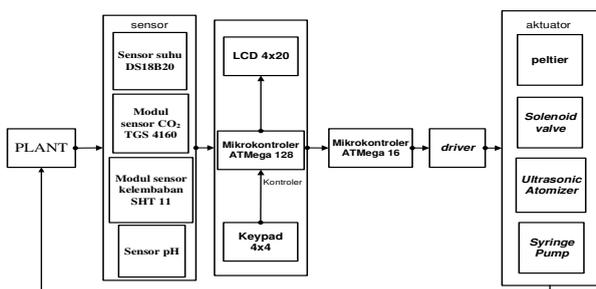
B. Pengujian dan Analisis

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:

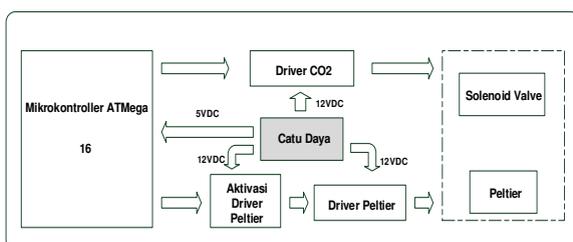
1. Pengujian catu daya
2. Pengujian blok suhu
3. Pengujian blok CO₂
4. Pengujian keseluruhan

IV. PERANCANGAN SISTEM

A. Blok Diagram Sistem Aktuator suhu dan CO₂



Gambar 1 Diagram blok sistem keseluruhan



Gambar 2 Diagram blok sistem yang dirancang

Pada sistem aktuator CO₂ dan suhu ini terdapat 2 jenis aktuator yang digunakan yaitu aktuator CO₂ yang berupa *solenoid valve* yang berfungsi buka atau tutup aliran gas CO₂ dan aktuator suhu berupa peltier.

Pada aktuator CO₂ digunakan *solenoid valve* yang di dalamnya terdapat katup buka atau tutup untuk mengalirkan gas. Pertama *solenoid valve* dipasang ke regulator CO₂ dan regulator nya terpasang ke tabung CO₂. Pada regulator di set manual berapa besar gas CO₂ akan dialirkan, kemudian *solenoid valve* mengatur buka atau tutup katup sesuai berapa besar gas CO₂ dibutuhkan *plant*. Sebelum alat dinyalakan, regulator di set dulu seberapa besar gas CO₂ akan mengalir. Setelah regulator sudah di set tombol start bisa ditekan.

Pada aktuator suhu digunakan peltier. Peltier dipasang sebuah *heatsink* dimana *heatsink* tersebut dimasukan kedalam wadah air. Air yang telah mencapai suhu optimal pada inialisasi awal dialirkan oleh pompa air. Air yang dialirkan oleh pompa masuk ke dalam *plant* untuk menghangatkan dalam *plant* kemudian keluar dari *plant* kembali ke wadah air. Sebelum pompa dinyalakan sebaiknya air diset kesuhu optimal sehingga diharapkan target respon suhu di dalam *plant* cepat tercapai.

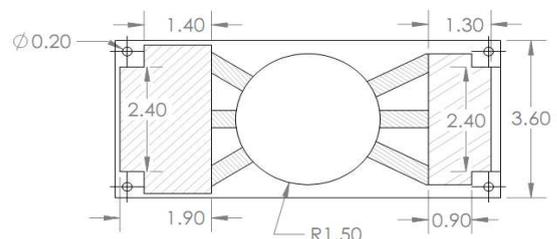
B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

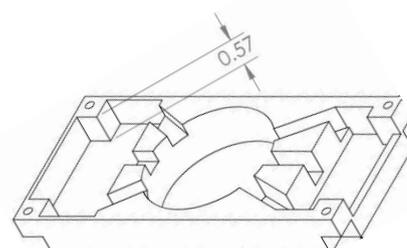
1) Perancangan *chamber*

Pilihan alternatif yang paling logis bagi bahan *chamber* adalah *polystyrene* karena merupakan plastik yang paling umum digunakan untuk *cultureware* sel tradisional. Perangkat mikrofluida dari bahan *polystyrene* untuk aplikasi kultur sel baru-baru ini muncul di pasar komersial (misalnya, Bellbrook Labs, Integrated biodiagnostics), menunjukkan bahwa industri medis membutuhkan suatu perangkat yang terbuat dari bahan yang sudah terbiasa penggunaannya yaitu dari *polystyrene*. (Young and David, 2010)

Dalam perancangan mekanik *chamber*, bahan yang digunakan adalah mika *acrylic* dengan tebal 10mm. *Chamber* berbentuk balok bertekstur dengan lebar 3,6 cm, panjang 8 cm, dan tinggi 1cm

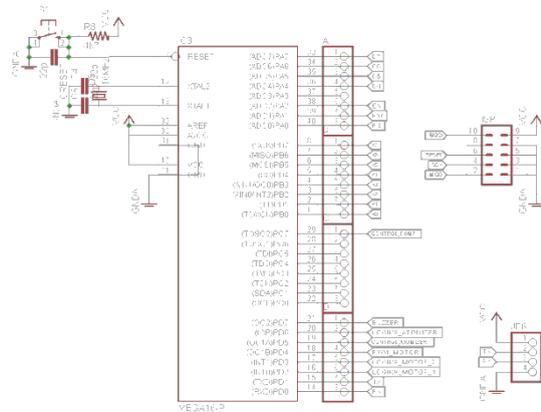


Gambar 3 Desain *chamber*



Gambar 4 Desain *chamber* dari samping

2) Perancangan rangkaian minimum ATmega 16
 Mikrokontroler Atmega16 yang digunakan memiliki 4 port 8 bits bidirectional input output yang dapat diprogram, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D yang akan digunakan sebagai sinyal input aktuator sistem.



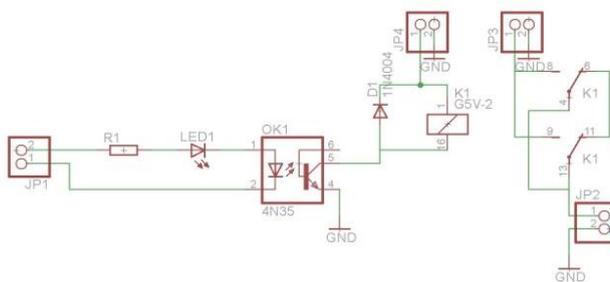
Gambar 5 Rangkaian minimum ATmega 16

3) Perancangan driver ON/OFF relay

Rangkaian driver CO₂ dan suhu menggunakan optocoupler 4N33 yang berfungsi sebagai driver tegangan 5 V mikrokontroler dengan tegangan 12 V. Dalam perancangan ini digunakan rangkaian pengendali optik sebagai pemisah rangkaian dengan tegangan yang berbeda. Optocoupler 4N33 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

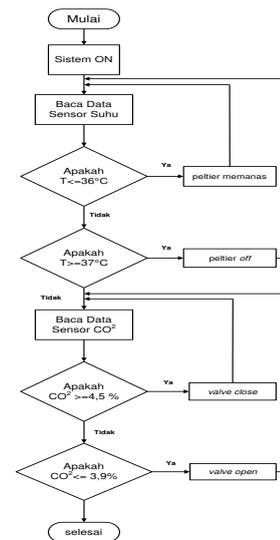
- Turn on time = 2,8 μs
- Turn off time = 4,5 μs
- I_{Fmax} = 60 mA
- V_F = 1,15 V
- I_{Cmax} = 100mA
- V_{CE sat} = 0,15 V

Alasan pemilihan 4N33 sebagai komponen optocoupler yang akan digunakan adalah karena 4N33 memiliki turn on time dan turn off time cukup kecil yaitu 2,8 μs dan 4,5 μs. Dengan turn on time dan turn off time yang kecil memungkinkan optocoupler meneruskan sinyal dengan frekuensi tinggi.



Gambar 6 Rangkaian driver ON/OFF relay

C. Perancangan Perangkat Lunak
 Perancangan perangkat lunak dibuat dengan program CV AVR.



Gambar 7 Algoritma Program Utama

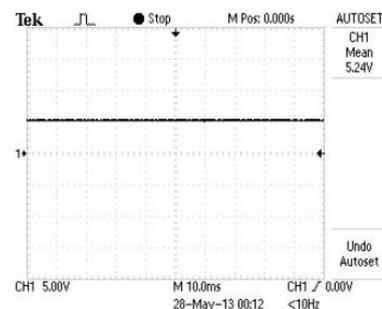
V. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

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

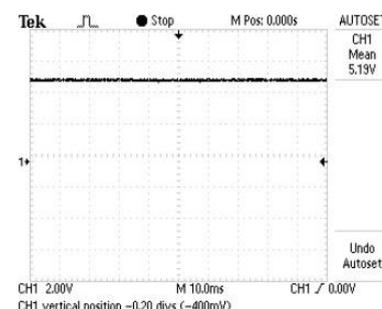
A. Pengujian Catu Daya

Pengujian rangkaian catu daya bertujuan untuk mengetahui kesesuaian tegangan keluaran dari catu daya dengan spesifikasi tertulis catu daya.

1). Catu Daya 5 V



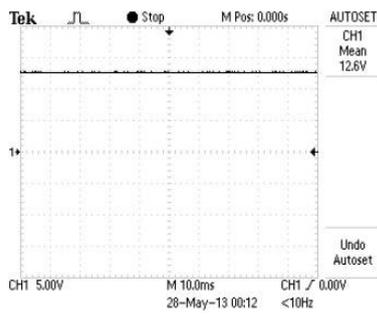
Gambar 8 Tegangan output catu daya 5 V tanpa beban



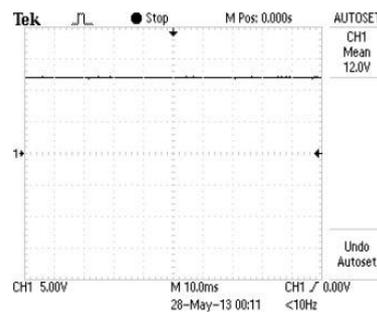
Gambar 9 Tegangan output catu daya 5 V dengan beban

Dari hasil pengujian diketahui bahwa terdapat drop tegangan sebesar 0,05 V setelah diberi beban mikrokontroler.

2). Catu Daya 12 V



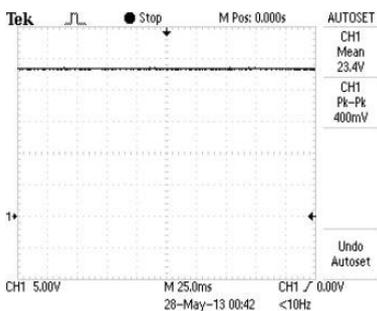
Gb. 10 Tegangan *output* catu daya 12 V tanpa beban



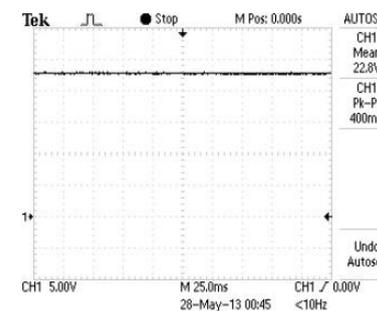
Gambar 11 Tegangan *output* catu daya 12 V dengan beban

Dari hasil pengujian diketahui bahwa terdapat *drop* tegangan sebesar 0,6 V setelah diberi beban peltier.

3). Catu Daya 24 V



Gambar 12 Tegangan *output* catu daya 24 V tanpa beban



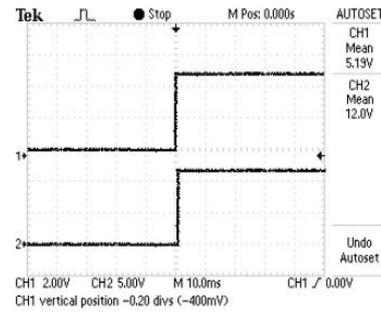
Gambar 13 Tegangan *output* catu daya 24 V dengan beban

Dari hasil pengujian diketahui bahwa terdapat *drop* tegangan sebesar 0,6 V setelah diberi beban solenoid *valve*.

B. Pengujian blok suhu

Pengujian blok suhu bertujuan untuk mengetahui respon sinyal keluaran driver ketika diberi masukan oleh mikrokontroler dan mengetahui respon waktu

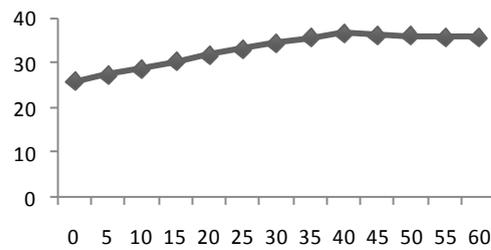
yang dibutuhkan sistem untuk mencapai suhu yang diinginkan.



Gambar 14 Tegangan *output* MK dengan *driver* peltier

TABEL 5.1 DATA PENGUJIAN BLOK SUHU

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Tegangan (volt)	Kondisi peltier
26	0	12,1	on
27,56	5	12,1	on
29,06	10	12,1	on
30,56	15	12,1	on
32,00	20	12,1	on
33,44	25	12,1	on
34,69	30	12,1	on
35,94	35	12,1	on
37,06	40	12,1	on
36,50	45	0	off
36,31	50	0	off
36,12	55	0	off
36,00	60	0	off



Gambar 15 Grafik perubahan suhu terhadap waktu

Berdasarkan data pengujian didapatkan bahwa respon waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas minimal suhu 35,06 °C sebesar 32,13 menit.



Gambar 16 Waktu peltier untuk mencapai batas suhu minimal.

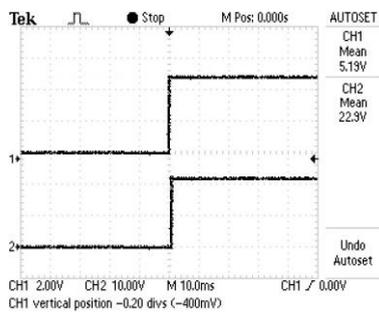
Dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas maksimal suhu 36,94 °C sebesar 39,27 menit.



Gambar 17 Waktu peltier untuk mencapai batas suhu maksimal.

C. Pengujian blok CO₂

Pengujian blok CO₂ bertujuan untuk mengetahui respon sinyal keluaran driver ketika diberi masukan oleh mikrokontroler dan mengetahui respon waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai suhu yang diinginkan.

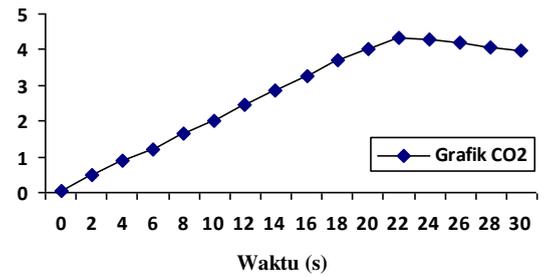


Gambar 18 Tegangan output MK dengan driver valve

TABEL 5.2 DATA PENGUJIAN BLOK CO₂

CO ₂ (%)	Waktu (detik)	Tegangan (volt)	Kondisi valve
0,04	0	0	close
0,50	2	22,8	open
0,90	4	22,8	open
1,20	6	22,8	open
1,64	8	22,8	open
2,00	10	22,8	open
2,45	12	22,8	open
2,84	14	22,8	open
3,27	16	22,8	open
3,7	18	22,8	open
4,00	20	22,8	open
4,33	22	22,8	open
4,30	24	0	close
4,20	26	0	close
4,08	28	0	close
3,96	30	0	close

Kadar CO₂ (%)



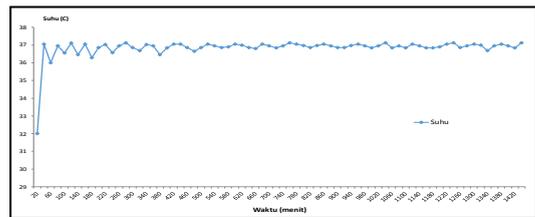
Gambar 19 Grafik perubahan CO₂ terhadap waktu

Berdasarkan data pengujian didapatkan bahwa respon waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point 4,47 % sebesar 23 detik.

D. Pengujian keseluruhan

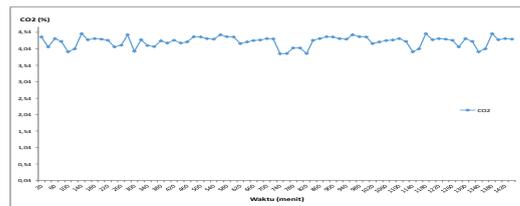
Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui respon waktu sistem suhu dan CO₂ mencapai set point masing-masing, diuji secara bersamaan. Pengujian keseluruhan dilakukan dalam rentang waktu ± 24 jam untuk mengetahui kepresisian alat.

Grafik perubahan suhu terhadap waktu dalam 24 jam ditunjukkan dalam Gambar 18.



Gambar 20 Grafik perubahan suhu terhadap waktu

Grafik perubahan kadar CO₂ terhadap waktu dalam 24 jam ditunjukkan dalam Gambar 19.



Gambar 21 Grafik perubahan kadar CO₂ terhadap waktu

Berdasarkan hasil yang didapat pada waktu pengujian, dapat dicari bahwa besar presisi dari sistem aktuator suhu yaitu 99,08% atau presentase simpangannya sebesar 0,92%. Sedangkan dari sistem aktuator CO₂ dapat dicari bahwa besar presisi nya yaitu 99,119% atau presentase simpangannya sebesar 0,881%.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan aktuator CO₂ dan suhu untuk plant Live Cell Chamber dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem aktuator CO₂ dan suhu ini menggunakan solenoid valve tipe Peter Paul

3205DGV serta peltier TEC1-12706, Perancangan mekanik *chamber* menggunakan bahan dari mika *acrylic* dengan dimensi lebar 3,6 cm, panjang 8 cm, dan tinggi 1cm.

2. Aktuator suhu berupa peltier, yaitu dengan memasang *heatsink* pada sisi panas peltier dan ditenggelamkan pada *box* air dan dialirkan ke *box chamber* sehingga memanaskan *chamber* yang ada didalam *box chamber*. Respon waktu sistem aktuator suhu yaitu sebesar 39,27 menit. Aktuator CO₂ yaitu *solenoid valve*, valve dihubungkan dengan set tabung CO₂ kemudian diatur keluaran gas dengan metode *on/off* pada *valve*. Respon waktu sistem aktuator CO₂ cukup cepat yaitu sebesar 23 detik.

B. Saran

Dalam pembuatan *Live Cell Chamber* masih memiliki keterbatasan dalam uji keseluruhan, sehingga sangat mungkin untuk dilakukan pengembangan dan penyempurnaan antara lain :

1. Penggunaan aktuator suhu yang lebih baik untuk memperoleh respon waktu yang lebih cepat.
2. Perancangan mekanik *chamber* yang lebih bagus agar tidak mudah terjadi kebocoran.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lisanti E. 1998. Suplementasi piruvat dan laktat dalam medium kultur modifikasi M-16 guna meningkatkan perkembangan embrio mencit (*Mus musculus albinus*) in vitro [Tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 5-7.
- [2] Hanapi, Gunawan (penerjemah) Malvino A. P. 1996. Prinsip-Prinsip Elektronika, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- [3] Muhaimin. 1993. Bahan-bahan listrik untuk Politeknik. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [4] Pettersson, Marie. 2004. Factors affecting rates of change in soil bacterial communities [Doctoral Thesis]. LUND University Sweden, pp.7-9.
- [5] Young, W.K. Edmond and David, J. Beebe. 2010. Fundamentals of microfluidic cell culture in controlled microenvironments. 39 (3): 1036-1048.