

## MONITORING TEGANGAN LDR MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA-2560 BERBASIS LabVIEW UNTUK PENGUKURAN KERAPATAN AEROSOL

G. Bambang Heru K, Alim Mardhi, Joko P, Edy S, Deswandri, Geni R Sunaryo

Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir – BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK Gd. 80, Serpong, Tangerang Selatan  
email: [heru66@batan.go.id](mailto:heru66@batan.go.id)

### ABSTRAK

**MONITORING TEGANGAN LDR MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA-2560 BERBASIS LabVIEW UNTUK PENGUKURAN KERAPATAN AEROSOL.** Pendinginan eksternal maupun internal sungkup reaktor dapat disimulasikan menggunakan FESPECo. DAS-NI sebagai sistem instrumentasi FESPECo dikembangkan guna memenuhi kebutuhan berbagai parameter pengukuran yang diperlukan, salah satunya adalah pengukuran kerapatan aerosol. Pada kegiatan ini dilakukan pembuatan program monitoring tegangan LDR yang digunakan sebagai sensor cahaya pada sistem pengukuran kerapatan aerosol. Tujuan kegiatan untuk memonitor tegangan LDR sebagai fungsi kerapatan aerosol yang dapat dipantau secara *real time* pada *front panel* LabVIEW. Dalam setiap tahapan simulasi, tegangan LDR dipantau berdasarkan intensitas cahaya yang diterima. Signal tegangan LDR tersebut dikondisikan dengan modul arduino mega-2560, selanjutnya dibaca menggunakan program aplikasi LabVIEW. Hasil eksekusi program menunjukkan tegangan LDR pada setiap tahapan simulasi dapat dipantau secara *real time* pada *front panel* LabVIEW. Dengan demikian program monitoring tegangan LDR dapat diaplikasikan pada sistem pengukuran kerapatan aerosol.

Kata kunci: FESPECo, DAS-NI, LDR, aerosol, LabVIEW.

### ABSTRACT

**LDR VOLTAGE MONITORING USING ARDUINO-2560 LABVIEW BASED FOR THE MEASUREMENT OF AEROSOL DENSITY.** *The cooling of internal and external can be simulated using FESPECo. The NI data acquisition system as FESPECo instrumentation system has been developed in order to meet various parameter measurements required of the aerosol density. In every stage of simulated, voltage LDR monitored based on the intensity of light received. Voltage the signal LDR conditioned with modules arduino mega-2560, then read on the application LabVIEW. The program voltage execution show LDR at every stage simulated can be monitored in real time in front labview panel. Thus the monitoring voltage LDR can be applied in a system of measuring aerosol density*

*Keywords: FESPECo, DAS-NI, LDR, aerosols, LabVIEW.*

### PENDAHULUAN

Sungkup reaktor merupakan benteng terakhir untuk menahan terlepasnya zat-zat radio aktif ke lingkungan saat terjadi kecelakaan parah dari PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). Sehingga, diperlukan pendinginan sungkup reaktor untuk mencegah terlampauinya batas desain (tekanan dan temperatur) yang dapat terjadi pada saat kecelakaan nuklir. Penelitian pendinginan sungkup reaktor, baik sistem pendinginan aktif maupun pasif terus dilakukan dan dikembangkan oleh banyak negara[1-3]. Setelah terjadinya kecelakaan parah yang menyebabkan lelehnya teras, maka reruntuhan teras akan jatuh pada lantai beton sungkup. Interaksi antara reruntuhan teras dengan beton sungkup menghasilkan partikel partikel aerosol produk fisi yang tersebar pada atmosfer sungkup[4-6]. Pendinginan sungkup secara eksternal maupun internal dapat disimulasikan menggunakan Fasilitas Eksperimen Simulasi Pendingin Containment (FESPECo). FESPECo adalah sarana eksperimen untuk memahami fenomena pendinginan pada sungkup reaktor nuklir ketika diasumsikan terjadi kecelakaan parah pada PLTN.

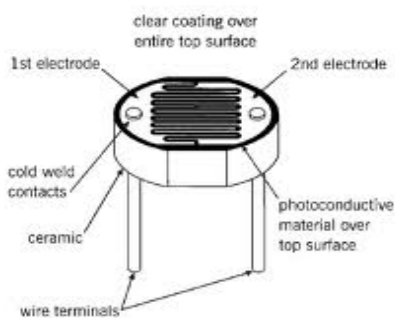
FESPECo dilengkapi sistem akuisisi data (DAS) National Instruments dengan program aplikasi LabVIEW. Sampai dengan saat ini, parameter pengukuran DAS-NI adalah tekanan, temperatur dan laju alir[7]. DAS-NI sebagai sistem instrumentasi FESPECo dikembangkan guna memenuhi kebutuhan berbagai parameter pengukuran yang diperlukan. Salah satunya adalah pengukuran kerapatan aerosol. Metode pengukuran yang digunakan pada sistem pengukuran kerapatan aerosol adalah beda intensitas cahaya. Sumber cahaya yang digunakan adalah sinar laser dan sebagai sensor cahaya digunakan *Light Dependent Resistor* (LDR). Tegangan LDR akan berubah sesuai intensitas cahaya yang diterima. Jika aerosol dikondisikan berada antara sumber cahaya dan sensor cahaya, maka besar tegangan LDR merupakan fungsi dari kerapatan aerosol tersebut. Kegiatan penelitian difokuskan pada pembuatan program monitoring tegangan LDR menggunakan modul Arduino Mega-2560 berbasis LabVIEW yang diaplikasikan pada sistem pengukuran kerapatan aerosol.

## METODOLOGI

### 1. Alat dan bahan

#### *Light Dependent Resistor*

*Light Dependent Resistor* (LDR) biasa digunakan sebagai sensor cahaya. LDR adalah jenis resistor yang nilai hambatannya berubah sesuai intensitas cahaya yang diterima. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima semakin kecil hambatannya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Light Dependent Resistor* [8]

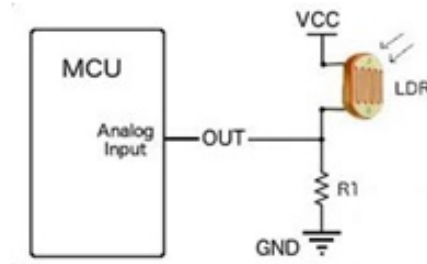
Gambar 1 menunjukkan adanya material *photoconductive* pada permukaan LDR yang memisahkan elektroda 1 dengan elektroda 2. Material tersebut terbuat dari cadmium sulphida (CdS) yang sangat sensitif terhadap pengaruh cahaya. CdS merupakan bahan semikonduktor yang memiliki gap energi antara elektron konduksi dan elektron valensi. Ketika cahaya mengenai CdS, maka hambatannya akan berkurang[8,9]. Rentang tegangan LDR diperoleh ketika intensitas cahaya diterima penuh (tanpa halangan) dan ketika cahaya sama sekali tidak diterima (terhalang penuh). Variasi tegangan dilakukan dengan memberi penghalang cahaya, pada kegiatan ini digunakan asap.

Ketika LDR dialiri arus listrik, arus mengalir dari elektroda 1 menuju elektroda 2 melalui CdS, sehingga tegangan LDR dapat dihitung dengan rumus(1).

$$V = i R \quad (1)$$

dengan :  
V = Tegangan LDR (Volt)  
i = Arus (Ampere)  
R = Hambatan CdS (Ohm)

Tegangan LDR berubah seiring dengan perubahan hambatan CdS. Sebagai sensor kerapatan aerosol, besar tegangan LDR merupakan fungsi dari kerapatan aerosol. Perubahan tegangan LDR dipantau melalui modul kontroler seperti pada Gambar 2. Pada kegiatan ini, sebagai modul kontroler digunakan modul Arduino Mega-2560.



Gambar 2. LDR terangkai sebagai sensor cahaya [9]

Gambar 2 menunjukkan LDR dirangkai pada rangkaian pembagi tegangan.  $R_1$  berfungsi untuk menjaga tegangan LDR tidak *short* ketika hambatannya sangat kecil. Tegangan LDR dapat dihitung dengan rumus(2).

$$V_{LDR} = \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} V_{CC} \quad (2)$$

dengan :

$V_{LDR}$	=	Tegangan LDR	(Volt)
$R_{LDR}$	=	Hambatan LDR	(Ohm)
$R_1$	=	Hambatan	(Ohm)
$V_{CC}$	=	Tegangan catu daya	(Volt)

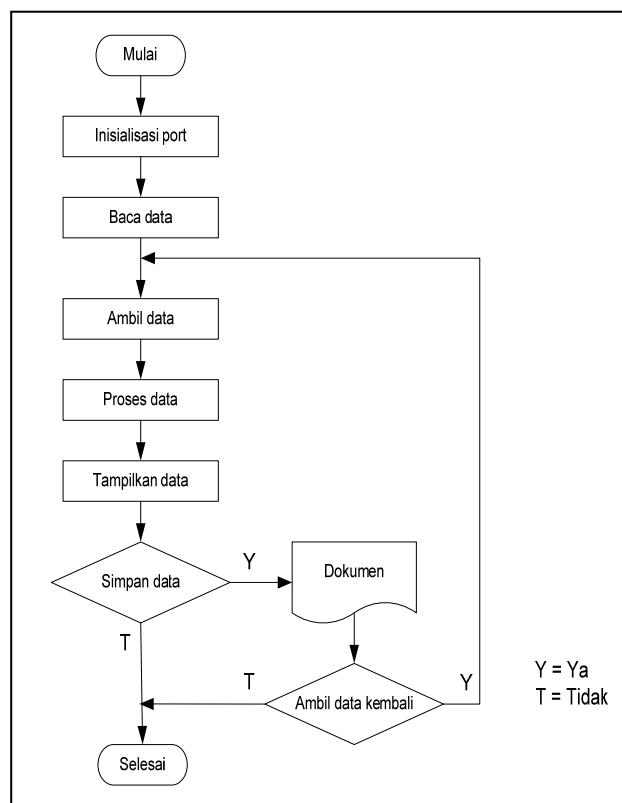
### Arduino Mega-2560

Arduino Mega-2560 adalah sebuah rangkaian yang dikembangkan dari mikrokontroler berbasis AT-Mega. Arduino Mega-2560 memiliki 2 port analog input dan 1 port digital input seperti terlihat pada Gambar 3, dimana setiap port terdiri dari 8 kanal. Kelebihan Arduino diantaranya adalah tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer. Selain itu arduino sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna yang tidak memiliki port serial/RS-323 bisa menggunakannya[10].



Gambar 3. Modul Arduino Mega-2560 [10]

Pada kegiatan ini, analog input (P0 dan P1) Arduino Mega-2560 terhubung dengan LDR yang difungsikan sebagai sensor cahaya seperti pada Gambar 2. Dengan demikian tersedia 16 kanal untuk 16 LDR. Signal tegangan LDR dibaca LabVIEW dan ditampilkan pada *front panel*, selanjutnya disimpan dengan selang waktu 1 detik. Perlu terlebih dahulu menginstal *driver* arduino agar dapat dikenal oleh program aplikasi LabVIEW. Diagram alir pemrograman LabVIEW dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pemrograman LabVIEW

LabVIEW membaca signal tegangan LDR pada setiap kanal analog input arduino mega-2560, selanjutnya ditampilkan pada *front panel*. Pada *front panel* dibuat multi menu tampilan yang terdiri dari menu display, data dan grafik. Masing-masing menu tersebut memberikan data tegangan LDR pada setiap kanal arduino secara *real time*. Mengikuti alur program pada Gambar 4, selanjutnya data disimpan dengan mengikut sertakan waktu. Waktu yang dimaksud adalah waktu sesuai format komputer yang digunakan.

## 2. Setup simulasi

Langkah awal simulasi dengan mengkondisikan sumber cahaya sinar laser dan LDR berjarak tetap pada sebuah kotak yang dapat ditutup rapat, arah sinar laser tepat mengenai permukaan LDR. LDR dirangkai sebagai salah satu hambatan pada rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 2. Titik yang menyatakan tegangan LDR dihubungkan ke port 0.0 modul arduino. Pada kotak dimana sumber cahaya dan LDR terpasang, disiapkan selang untuk saluran asap yang akan ditiupkan ke dalam kotak tersebut.

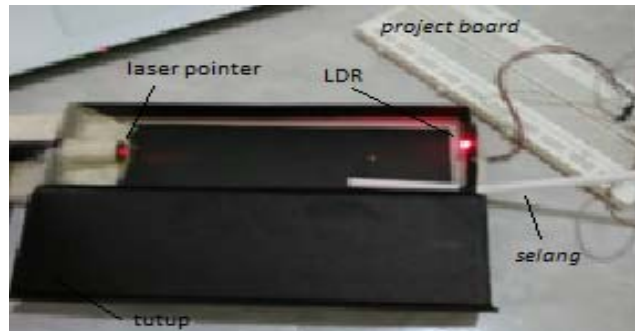
## 3. Tahapan simulasi

Tahapan simulasi diawali dengan memantau tegangan LDR pada pencahayaan ruang. Selanjutnya kotak ditutup sehingga tidak ada cahaya yang masuk. Biarkan beberapa saat dan nyalakan sinar laser. Tiupkan asap kedalam wadah melalui selang yang tersedia, tunggu sampai tegangan LDR menunjukkan kondisi tanpa halangan. Buka tutup kotak, amati apakah masih ada asap dalam kotak. Matikan sinar laser dan biarkan tegangan LDR kembali seperti pada kondisi pencahayaan ruang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

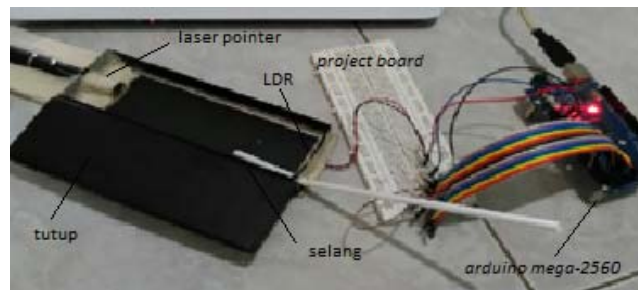
### 1. Hasil setup simulasi

Gambar 5 adalah foto setup simulasi yang memperlihatkan kotak hitam, *project board* dan modul arduino. Kotak hitam mempunyai tutup yang dapat direkatkan. Pada sisi sebelah kiri kotak dipasang laser pointer merah sebagai sumber sinar laser dan sisi sebelah kanan dipasang LDR.



**Gambar 5.** Foto kotak simulasi kerapatan aerosol

Bintik merah pada LDR menandakan sinar laser mengenai permukaan LDR. Selang putih di dekat LDR adalah sedotan plastik yang digunakan sebagai saluran asap. LDR terhubung dengan rangkaian pembagi tegangan yang dipasang pada *project board* terlihat pada Gambar 6.

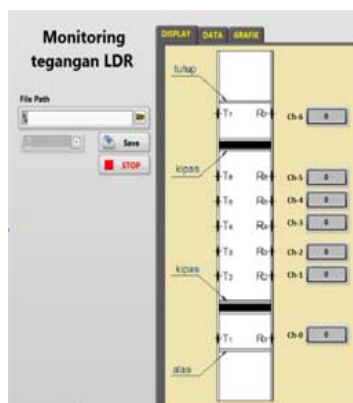


**Gambar 6 .** Foto setup simulasi kerapatan aerosol

*Project board* berfungsi untuk merangkai rangkaian pembagi tegangan. Vcc menggunakan fasilitas dari modul arduino sebesar 5 volt. LDR dihubungkan ke rangkaian pembagi tegangan melalui kabel, demikian juga untuk titik tegangan LDR dihubungkan dengan kabel ke modul arduino. Kabel pita yang terlihat pada Gambar 6 untuk menyambungkan kanal arduino yang tidak digunakan ke *ground*.

## 2. Hasil eksekusi program

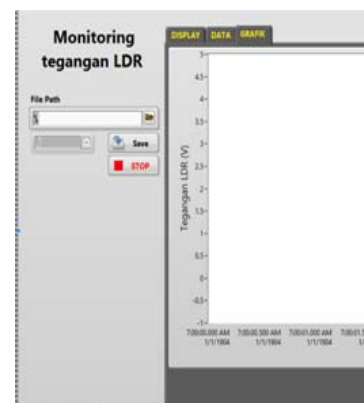
Terdapat 3 menu yang tersedia pada *Front panel* program LabVIEW yaitu menu display, menu data dan menu grafik seperti pada Gambar 7a, 7b dan 7c.



**Gambar 7a.** Menu display



**Gambar 7b.** Menu data



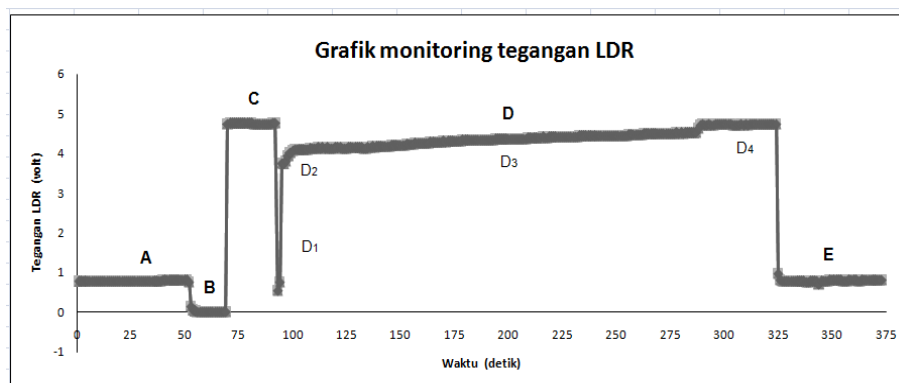
**Gambar 7c.** Menu grafik

Semua menu menampilkan data tegangan LDR pada kanal arduino tetapi berbeda cara menampilkannya. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah monitoring data sesuai kebutuhan. Pada menu display, data ditampilkan sesuai posisi LDR pada fasilitas simulasi

kerapatan aerosol. Sedangkan menu data memperlihatkan data pada semua kanal arduino berikut dengan waktunya. Menu grafik menampilkan semua data secara grafik, perubahan data lebih mudah dilihat dengan menu ini.

### 3. Hasil simulasi

Simulasi pengukuran kerapatan aerosol menggunakan asap dilakukan sesuai tahapan simulasi. Simulasi dilakukan dalam waktu 375 detik dan hasilnya terlihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik simulasi kerapatan aerosol menggunakan asap

Grafik pada Gambar 8 dibagi dalam beberapa bagian yaitu bagian A sampai dengan E. Setiap bagian menunjukkan tegangan LDR pada intensitas cahaya yang berbeda sesuai tahapan simulasi. Bagian A menunjukkan tegangan LDR pada intensitas cahaya ruang. Bagian B tanpa cahaya (gelap), bagian C intensitas cahaya sinar laser, bagian D intensitas cahaya sinar laser terhalang asap dan bagian E intensitas cahaya ruang. Setiap bagian dipantau secara *real time* dengan *delay time* 1 detik sampai dengan tegangan LDR menunjukkan nilai tegangan yang stabil.

Ketika program dieksekusi, kotak simulasi seperti pada Gambar 5 dibiarkan terbuka sehingga LDR mendapat intensitas cahaya ruang (bagian A). Tegangan LDR terpantau stabil antara 0,77–0,81 volt. Selanjutnya kotak ditutup (bagian B), tegangan LDR menurun mendekati 0 volt. *Laser pointer* sebagai sumber sinar laser dihidupkan (bagian C), tegangan LDR naik antara 4,73-4,77 volt. Dilanjutkan dengan meniupkan asap melalui sedotan plastik (bagian D). Gambar 8 memperlihatkan bagian D terbagi menjadi 4 bagian, yaitu D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> dan D<sub>4</sub>. Pembagian ini berdasarkan perkiraan posisi asap di dalam kotak. Diperkirakan pada bagian D<sub>1</sub>, begitu asap ditiupkan langsung menutup sinar laser dan belum sempat memenuhi ruangan (tidak merata). Hal ini terlihat dari turunnya tegangan LDR secara tajam. Pada bagian D<sub>2</sub>, diperkirakan asap mulai memenuhi ruangan (merata) sehingga kepekatan asap berkurang, hal ini terlihat dengan naiknya tegangan LDR. Bagian D<sub>3</sub>, diperkirakan asap mulai keluar dari dalam kotak secara perlahan. Dari luar kotak tidak terlihat adanya asap yang keluar, tetapi perkiraan tersebut berdasarkan pada penutup kotak yang kurang rapat untuk menahan asap. Pada bagian ini tegangan LDR terlihat naik dengan pelan, lebih lama dibandingkan dengan bagian yang lain. Setelah dirasa cukup lama yaitu 200 detik setelah asap ditiupkan, kotak dibuka dan dimulailah bagian D<sub>4</sub>. Begitu tutup kotak dibuka, terlihat asap tipis masih ada dalam kotak, tegangan LDR naik lebih cepat seiring dengan keluarnya asap. Ketika tegangan LDR menunjukkan nilai yang sama seperti pada bagian C, sinar laser dimatikan. Bagian E memperlihatkan tegangan LDR mendekati tegangan awal simulasi dilakukan yaitu pada intensitas cahaya ruang.

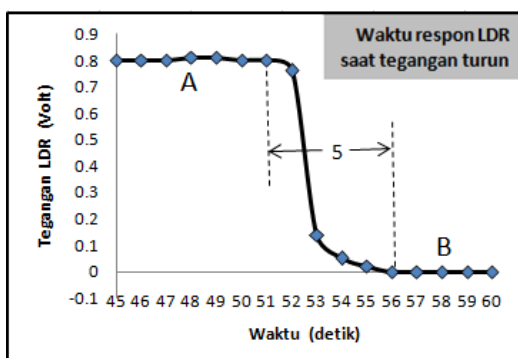
Digunakannya asap sebagai pengganti aerosol dengan pertimbangan bahwa dimensi asap lebih kecil/halus dibanding dengan aerosol hasil produk fisi pada kontaimen reaktor. Jika dengan dimensi yang kecil sinar dapat terhalang, dimensi yang lebih besar juga dapat menghalangi sinar.

### 4. Waktu respon

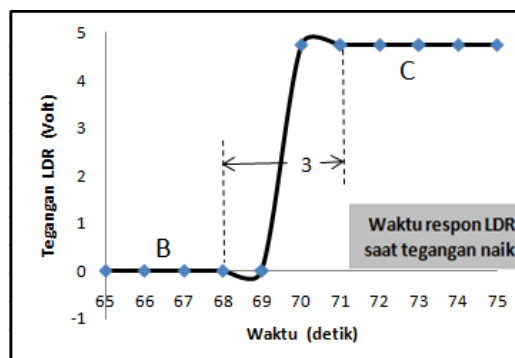
Waktu respon diperlukan untuk melihat kemampuan respon modul arduino mega-2560 dalam membaca perubahan tegangan LDR. Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 8, terlihat tegangan LDR kadang naik dan turun sesuai intensitas cahaya yang diterima.



Waktu respon ketika tegangan LDR turun dapat dilihat pada saat kotak akan ditutup (bagian A menuju B), cuplikan grafik pada kejadian tersebut dapat dilihat pada Gambar 9a. Cuplikan grafik untuk kejadian tegangan LDR naik (bagian B menuju C) terlihat pada Gambar 9b.



Gambar 9a. Waktu respon LDR pada saat tegangan turun



Gambar 9b. Waktu respon LDR pada saat tegangan naik

Grafik pada Gambar 9a menunjukkan waktu respon tegangan turun terlihat pada detik ke 51 sampai dengan detik ke 56 selanjutnya tegangannya stabil. Tegangan LDR turun juga dapat dilihat pada saat sinar laser dimatikan, bagian D<sub>4</sub> menuju bagian E. Waktu responnya juga hampir sama sekitar 5 detik. Grafik pada Gambar 9b menunjukkan waktu respon tegangan naik pada detik ke 68 sampai dengan detik ke 71, sekitar 3 detik.

Waktu respon sebuah alat ukur yang baik mendekati waktu respon dari sensor yang digunakan. LDR sebagai sensor cahaya mempunyai waktu respon dalam orde mili detik. Melihat waktu respon hasil simulasi pada gambar 9a dan 9b terlihat perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini bukan berarti modul arduino mega-2560 tidak dapat merespon dalam orde mili detik, tetapi lebih pada sistem instrumentasi yang belum terangkai dengan baik. Rangkaian pembagi masih dilakukan pada *project board* dan *delay time* 1 detik juga perlu dipercepat, hal ini menjadi catatan untuk perakitan sistem selanjutnya. Sesuai dengan tujuan dari kegiatan yaitu monitoring tegangan LDR, Gambar 8 bagian D (D<sub>1</sub> sampai D<sub>4</sub>) menunjukkan bahwa kerapatan asap dapat dimonitor secara *real time* pada *front panel* program LabVIEW. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa program monitoring tegangan LDR dapat diaplikasikan pada sistem pengukuran kerapatan aerosol.

## KESIMPULAN

Hasil eksekusi program monitoring tegangan LDR menjelaskan bahwa perubahan tegangan LDR dapat dimonitor pada *front panel* secara *real time* untuk setiap tahapan simulasi. Perubahan tegangan LDR dapat dikondisikan dengan modul arduino mega-2560 sehingga dapat dibaca oleh program LabVIEW. Simulasi menggunakan asap menunjukkan bahwa secara kualitatif sistem instrumentasi yang dibangun dapat digunakan sebagai pengukur kerapatan aerosol. Dengan demikian program monitoring tegangan LDR dapat diaplikasikan pada sistem pengukuran kerapatan aerosol.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Hendro Tjahjono selaku narasumber pada kegiatan penelitian ini. Penelitian didanai oleh DIPA PTKRN tahun anggaran 2016-2017.

## DAFTAR PUSTAKA

1. HENDRO TJAHOJONO, "Optimasi Pendinginan Eksternal Pada Model Sungkup PWR-1000 Menggunakan Metode Estimasi Analitik" Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir, Vol.16, No.2, Juni, (2014)59-74.
2. ANDY SOFRANY, dkk "Pemodelan Sistem Pendinginan Sungkup Secara Pasif Menggunakan Relap5", Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir, Vol.14, No.3, Oktober, (2012)137-145.

3. HENDRO TJAHHJONO, "Investigasi Transien Tekanan dan Temperatur Sungkup AP1000 dalam Kecelakaan SBO dengan Set-point Tekanan Pengguyuran Berbeda", Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir, Vol.17, No.1, Februari, (2015)1-12.
4. BUDI ROHMAN, "Pemanasan Sungkup Reaktor Pada Saat Terjadinya Pelelehan Teras" Prosiding Seminar Nasional ke-9 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, JAKARTA, 20, Agustus, (2003)149-158.
5. BUDI ROHMAN, dkk "Penyebaran dan Perilaku Produk Fisi di dalam Kontainmen Reaktor", Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor-III, 13-14, Mei, (1998)151-156.
6. JUPITER SITORUS PANE dan SURIP WIDODO, "Analisis Pengendalian dan Pemindahan Produk Fisi PWR dengan Artmod", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, Bandung, 4, Juli, (2013)445-452.
7. G. BAMBANG HERU K, dkk "Pemrograman Sistem Akuisisi Data Pengukuran pada Fasilitas Eksperimen Simulasi Pendingin Containment", Sigma Epsilon, Vol.18, No.2, Mei, (2014)51-57.
8. TRISHA GUSTIYA, dkk "Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) Berbasis Mikrokontroler At Mega 328 Sebagai Alat Pendeteksi Kekeruhan Air", Prosiding Seminar Kontribusi Fisika, Bandung, 16-17, Desember, (2015)83-88.
9. ELLYS KUMALA dan ENDARKO "Kajian Alat Ukur dan Sensor Standar pada Proses Kalibrasi Data Sensor Cahaya", Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol.8, No.2, Juni, (2012)120206|1-4.
10. SILVIA, dkk "Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino dan Android", Jurnal Electrans, Vol.13, No.1, (2014)1-10.