

RANCANG BANGUN SEKUENSIAL *SWITCHING* UNTUK PENGUKURAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA *SILO BUNKER* DI PLTU UNIT 5 DAN 6 PAITON

Latifah¹,

Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid
Email: lifa4762@gmail.com

Amalia Herlina¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid
Email: amaliaherlina1810@gmail.com

Amma Emanihim¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid
Email: ammaemanihim@gmail.com

ABSTRACTS : *Silo bunker is a place to collect coal from the stock pile which is carried by a conveyor before it is smoothed in the pulverizer or mill. The bunker silo can hold 60 tons of coal. One of the content contained in coal is carbon monoxide gas. Carbon monoxide is a poisonous gas and an explosion can occur if it is indoors. This research designed a switching system for measuring carbon monoxide using a sequential switching concept based on the NOVA sequencer product, namely 402as Automatic Sequencer using the research and development (RnD) research method, where the design is designed to be useful as a control media and to monitor the amount of carbon monoxide gas content on the bunker silo. The sequential switching design of the PLTU Unit 5 and 6 Paiton based silo bunker was built to control the relay that simulates the circuit breaker (B) function on the 3 way valve solenoid and monitors the carbon monoxide gas content using the MQ-7 sensor. The sensor readings are displayed on the LCD and serial monitor contained in the Arduino IDE application. The sequential switching design of the bunker silo that uses a microcontroller, namely the Arduino Uno R3 Board, is functioning quite well, but the MQ-07 sensor readings often experience error values. As for the 3 way valve solenoid, you must use a compressor to get the pressure on R so that the trigger on the solenoid can work.*

Keyword: *sequential switching, 3 way valve solenoid, silo bunker, MQ-07 sensor, coal.*

ABSTRAK: *Silo bunker merupakan tempat penampungan batubara dari stock pile yang dibawa oleh conveyor sebelum dihaluskan di pulverizer atau mill. Silo bunker dapat menampung 60 ton batu bara. Kandungan yang terdapat dalam batu bara adalah salah satunya yaitu gas karbon monoksida. Karbon monoksida merupakan gas beracun dan dapat terjadi ledakan apabila dalam ruangan tertutup. Penelitian ini merancang suatu sistem switching pada pengukuran karbon monoksida dengan menggunakan konsep sekuensial switching berdasarkan produk NOVA sequencer yaitu 402as Otomatis Sequencer dengan menggunakan metode penelitian research and development (RnD), dimana rancang bangun yang dirancang berguna sebagai media control dan monitor besar kandungan gas karbon monoksida pada silo bunker. Perancangan sekuensial switching pada silo bunker PLTU Unit 5 dan 6 Paiton berbasis mikrokontroler dibangun untuk mengontrol relay yang mensimulasikan fungsi circuit breaker (CB) pada solenoid 3 way valve dan memonitor kandungan gas karbon monoksida dengan menggunakan Sensor MQ-7. Adapun hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD dan serial monitor yang terdapat dalam aplikasi Arduino IDE. Rancang bangun sekuensial switching pada silo bunker yang menggunakan mikrokontroler yaitu board Arduino Uno R3 yang berfungsi cukup baik, namun pembacaan sensor MQ-7 sering mengalami nilai error. Sedangkan untuk solenoid 3 way valve harus menggunakan kompresor untuk mendapatkan tekanan pada R supaya trigger pada solenoid dapat bekerja.*

Kata Kunci : *Sekuensial Swiching, Solenoid 3 Way Valve, Silo Bunker, Sensor MQ-7, batu bara.*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Unit 5 dan 6 Paiton dikelola oleh PT YTL Jawa Timur. PLTU menggunakan bahan bakar batu bara untuk menghasilkan listrik. Batu bara tersebut disimpan dalam suatu wadah yaitu *silo bunker*. Setiap unit memiliki 6 *silo bunker*, sehingga jumlah *silo bunker* di unit 5 dan 6 adalah 12 unit.

Batu bara adalah bahan bakar yang terbentuk dari fosil yang terlebih dahulu melewati proses pengendapan dalam tanah. Kandungan yang terdapat dalam unsur batu bara yaitu hydrogen, oksigen, sulfur, karbon dan karbon monoksida. Karbon monoksida merupakan gas yang sangat berbahaya, beracun dan dapat menyebabkan kebakaran[1]. Proses terbentuknya gas CO tidak hanya terjadi secara alami, bisa juga karena hasil gesekan saat transportasi batu bara menuju *silo bunker*. Kandungan gas CO dalam *silo bunker* tidak boleh lebih dari 15ppm karena dapat menyebabkan kebakaran bahkan ledakan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka *silo bunker* perlu disuntikkan gas CO₂ secara manual.

Kandungan gas CO pada *silo bunker* D di PT YTL Jawa Timur adalah 32ppm, data tersebut telah dilakukan observasi pada tanggal 09 Januari 2020. Sedangkan batas aman kandungan gas CO pada *silo bunker* tidak boleh melebihi 15 ppm. Kandungan gas CO berlebih bisa memicu terjadinya ledakan. Contoh yang terjadi

¹ Universitas Nurul Jadid, Karanganyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur 67292

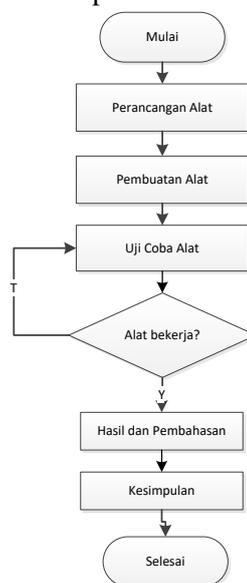
Rancang Bangun Sekuensial Switching untuk Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) pada Silo Bunker di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton

kebakaran di PLTU Tanjung Jati terletak pada *silo bunker* di karenakan kandungan gas CO yang berlebih.[2]

Maka dari itu perlu adanya monitoring kadar gas CO yang berlebih agar tidak memicu terjadinya kebakaran. Seperti *silo bunker* dilakukan pengukuran kadar gas CO satu-persatu dari 6 *silo bunker* setiap unit oleh operator. Berdasarkan fenomena diatas, maka perlu melakukan penelitian di PT YTL Jawa Timur untuk tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sekuensial Switching Untuk Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) Pada *Silo Bunker* di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton”. Penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler sebagai *control switching* dengan konsep sekuensial pada *silo bunker*. Penelitian ini menggunakan metode penelitian *research and development*. Di mana *research and development* yang dibangun berguna sebagai media pengukuran kandungan gas CO dengan *switching* di setiap *silo bunker*. Sehingga diharapkan alat ini mampu membantu suatu pekerjaan pengukuran gas CO pada *silo bunker* supaya dapat membantu operator untuk mengambil *sample* gas CO pada plant.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan alur kegiatan yang dilakukan peneliti untuk menyelesaikan sebuah penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode *research and development*. Berikut merupakan gambar metode penelitian supaya lebih bisa dipahami.



■ Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

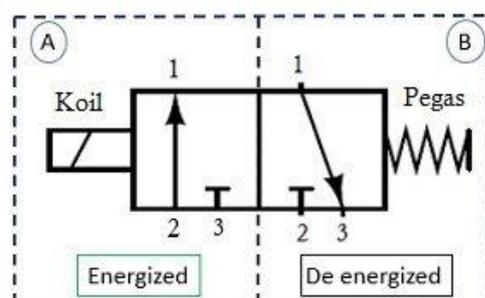
1. Observasi

Observasi bertujuan untuk mencari pengetahuan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Pada tahap observasi dengan mengambil data di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton yang dilakukan pada tanggal 09 Januari 2020 pada *silo bunker* D yang terdapat kandungan gas CO sebesar 32ppm.

2. Studi Literatur

a. 3 way solenoid valve

3 way solenoid valve berfungsi sebagai *shut off*, *releas*, mengalirkan atau membuang fluida atau gas. 3 way solenoid valve memiliki 3 port yang terdapat pada *body solenoid valve*. Berikut blok diagram 3 way solenoid valve.[3]



■ Gambar 2. Diagram 3 Way Solenoid Valve

Ketika *solenoid* dalam keadaan tidak terhubung dengan sumber tegangan atau pada saat kondisi

De-energized port-1 terhubung dengan *port 3* dan saluran *port-1* dengan *port-2* akan tertutup dan ketika *coil solenoid* dihubungkan pada sumber tegangan maka *solenoid* akan berkeadaan *energized plunger* di dalam *body* akan berpindah posisi *port-1* akan terhubung dengan *port-2* sedangkan saluran *port-3* akan tertutup.

b. *Silo Bunker*

Silo bunker merupakan tempat penampungan batubara bara yang nantinya akan diproses sebagai bahan bakar pada sistem pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Silo bunker* dapat menampung 50-60 ton batu bara.[4]



■ **Gambar 3.** *Silo Bunker*

c. Sensor MQ-07

Sensor MQ-07 adalah sensor gas karbon monoksida (CO) berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida. Sensor MQ-07 memiliki sensitivitas tinggi dan waktu respon yang cepat. Keluaran yang dihasilkan oleh sensor MQ-07 adalah berupa sinyal analog dan membutuhkan tegangan 5 Direct current (DC). Sensor MQ-07 memiliki resistansi (R_s) yang bisa berubah apabila tekanan gas terkontaminasi dengan udara luar. Sensor MQ-07 memerlukan sebuah rangkaian pemanas (*power heater*) sebesar 5V, resistansi beban (*load resistance*) dan output sensor dihubungkan pada analog to digital converter (ADC), sehingga keluaran dapat ditampilkan kedalam bentuk sinyal digital. Maka nilai digital yang berupa output sensor dapat ditampilkan pada sebuah serial monitor atau alat penampil lainnya. Sensor MQ-07 dapat beroperasi pada suhu -10°C sampai 50°C dan mengkonsumsi $<150\text{ mA}$ pada 5V. Sensor MQ-07 memiliki sensitivitas yang tinggi, jarak deteksi gas 10-2000ppm gas karbon monoksida, sepon waktu <150 detik dan memiliki dimensi 20 mm diameter, 10 mm (pin tidak termasuk), 66 mm tinggi pin.[5]



■ **Gambar 4.** Sensor MQ-07

d. *Tubing*

Tubing merupakan komponen yang terbuat dari plastic untuk memindahkan fluida (aliran), panas. Pada umumnya *tubing* digunakan sebagai konektor. *Tubing* pada umumnya betektur karet, padat, lentur dan memiliki variasi ukuran diameter yaitu, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, dan 2 in. [6]

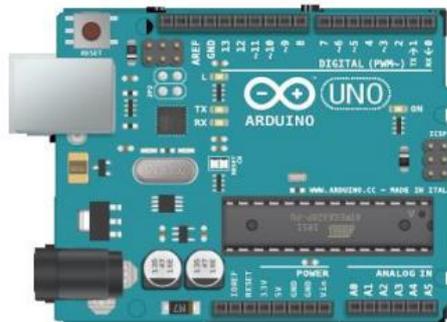
Rancang Bangun Sekuensial Switching untuk Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) pada Silo Bunker di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton



■ Gambar 5. Tubing

e. Arduino Uno

Arduino adalah papan arduino yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin yang dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz osilator Kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header ICSP* dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan meghubungkan ke sebuah computer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau *adaptor* AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino uno menggunakan ATmega 16U2 yang deprogram sebagai *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke computer melalui *port* USB.[7]

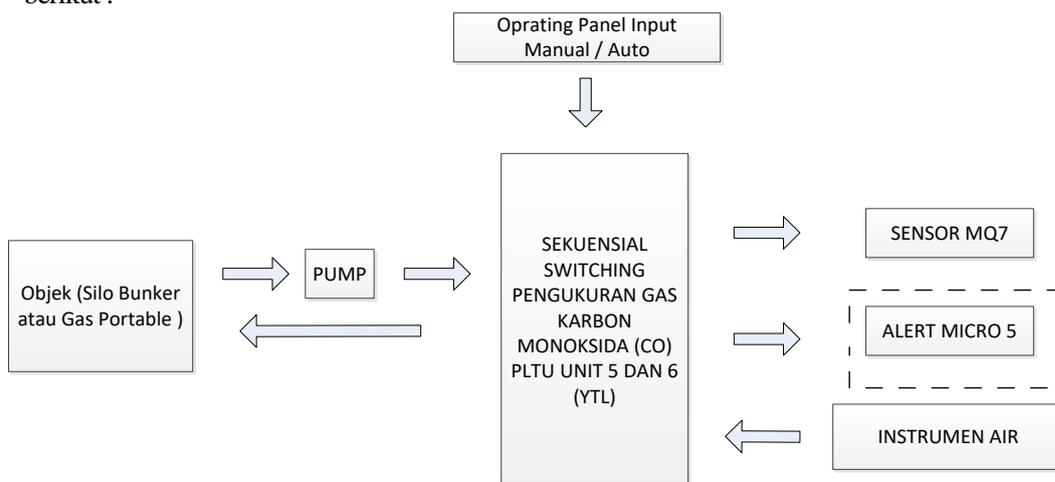


■ Gambar 6. Arduino Uno

3. Perancangan Sistem

a. Cara Kerja Sistem

Secara keseluruhan, cara kerja dari sistem yang akan dibangun digambarkan melalui blok digram berikut :



■ Gambar 7. Blok Diagram

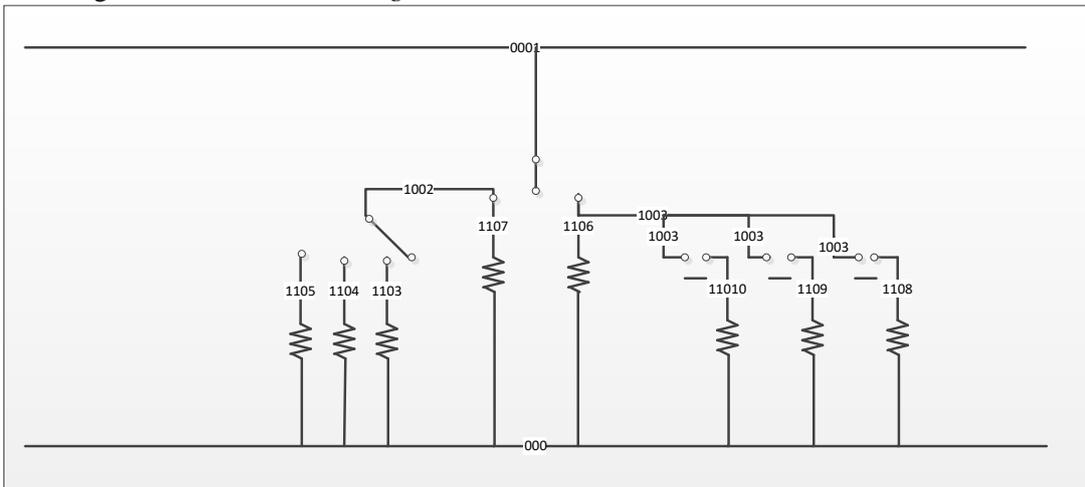
Sistem sekuensial *switching* merupakan sistem kontrol sederhana yang menggunakan mikrokontroler dengan *board* Aruino Uno untuk memonitoring dan mengendalikan alat rancang bangun sekuensial *switching* pada *silo bunker* di PLTU. Blok diagram diatas menggambarkan *switching* pada pengukuran gas CO pada *silo bunker* yang dikontrol melalui mikrokontroler untuk mengaktifkan *relay* sehingga dapat menggerakkan *coil* pada *3 way solenoid valve* dan mengaktifkan *pump* setelah *solenoid*

aktif selama 3 detik untuk mengambil data gas CO yang terkandung dalam batu bara yang ditampung dalam *silo bunker* yang hasilnya dapat terbaca pada alat *gas alert micro 5* atau sensor MQ-7.

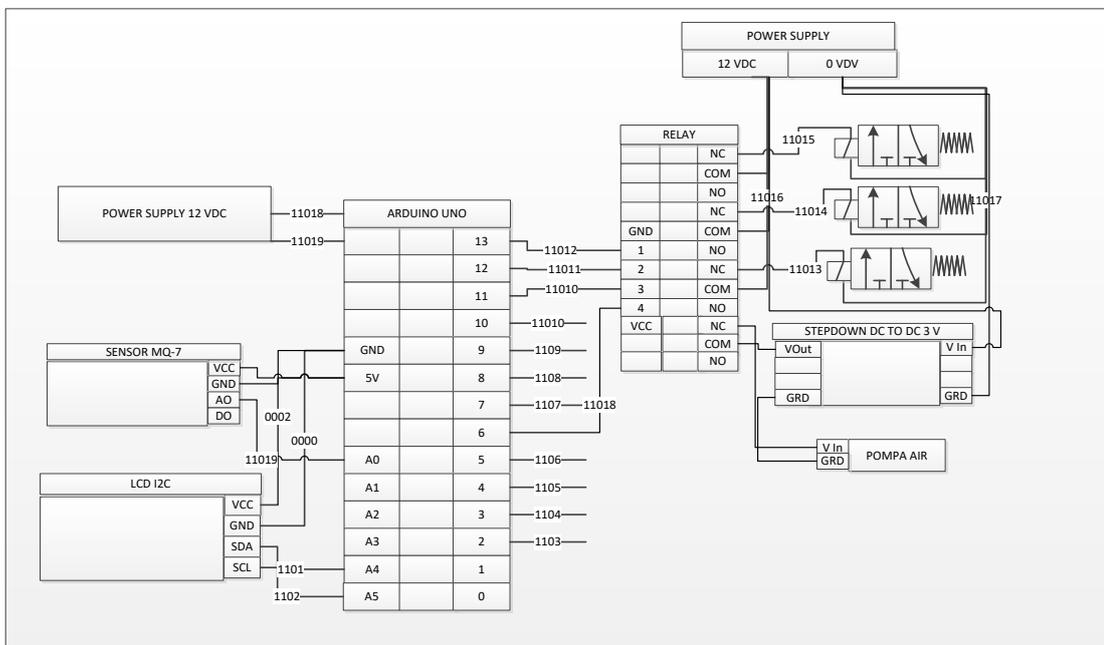
Rancang bangun alat ini memiliki 3 buah *3 way solenoid valve* sebagai media konektor, yaitu antara *silo bunker* dengan *gas alert micro 5* atau sensor MQ-7, *pump* sebagai media untuk memaksimalkan pengambilan gas CO untuk disemprotkan pada sensor MQ-7 dan *instrument air*, sensor MQ-7 merupakan media untuk membaca gas CO sebagai pengganti *gas alert micro 5* dan 3 *modul relay* yang mensimulasika fungsi saklar, yaitu memutus dan menyambung aliran listrik menuju *3 way solenoid valve*.

b. Desain Kontrol Keseluruhan Sekuensial *Switching Silo Bunker*

Desain kontrol sekuensial *switching silo bunker* terdiri dari komponen utama untuk mengontrol proses kerja dari alat tersebut, yaitu arduino uno, *relay*, *3 way solenoid valve*, *power supply* 12 VDC, LCD I2C, sensor MQ-7 dan beberapa komponen untuk memberi perintah supaya control dapat bekerja sesuai dengan perintah yang dijalankan, yaitu *selector 3* kaki sebagai perintah manual dan otomatis, *selector 4* kaki sebagai perintah untuk mengaktifkan waktu 1, 2, 2.5 menit lama *3 way solenoid valve* bekerja. Berikut adalah gambar sekuensial *switching silo bunker* :



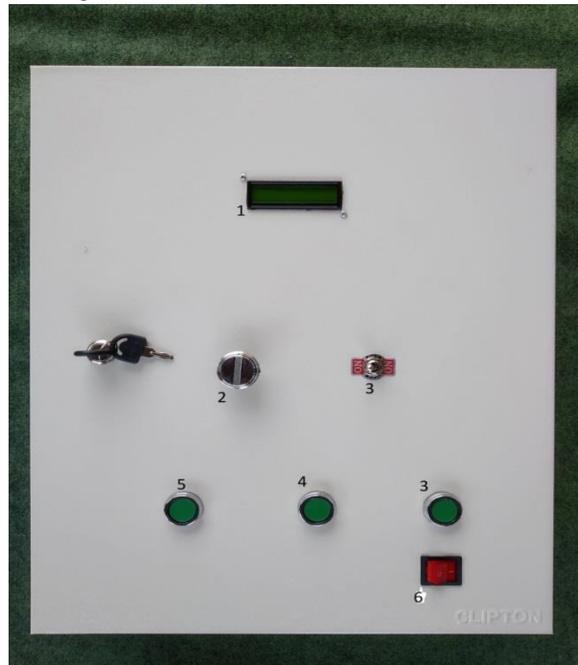
■ Gambar 8. Desain Kontrol 1



■ Gambar 9. Desain Kontrol 2

PENGUJIAN DAN ANALISA

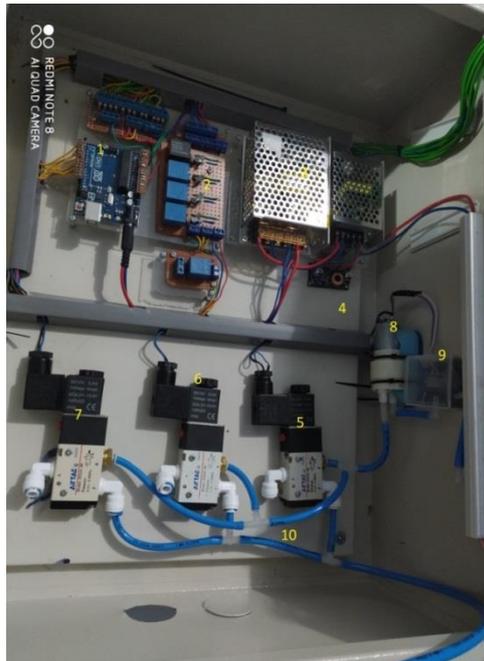
Pengujian dan analisa keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah hasil rancangan dapat bekerja sesuai atau tidak sesuai dari tujuan perancangan dibuat. Berikut gambar hasil dari perancangan yang sudah di desain dapat dilihat pada gambar dan gambar di bawah ini.



■ Gambar 10. Hasil Alat Tampak Luar

■ Tabel 1. Penjelasan Hasil Alat Tampak Luar

NO	KOMPONEN	KETERANGAN
1.	LCD I2C	Sebagai media untuk menampilkan kondisi yang aktif dan hasil dari gas CO
2.	Selector 4 kondisi	Berfungsi sebagai pengaturan waktu 1 menit, 2 menit, 2.5 menit
3.	Selector 3 kondisi	Berfungsi sebagai kondisi manual dan otomatis
4.	Silo Bunker D	Sebagai mengaktifkan 3 way solenoid valve
5.	Silo Bunker E	Sebagai mengaktifkan 3 way solenoid valve
6.	Silo Bunker F	Sebagai mengaktifkan 3 way solenoid valve
7.	Power	Sebagai kontak switching ON OFF



■ **Gambar 11.** Hasil Alat Tampak Dalam

■ **Tabel 2.** Penjelasan Hasil Alat Tampak Dalam

NO	KOMPONEN	KETERANGAN
1.	Arduino Uno	Sebagai pusat <i>control</i>
2.	<i>Relay</i>	Sebagai kontak untuk mengaktifkan <i>3 way solenoid valve</i> dan <i>pump</i>
3.	<i>Power Supply 12 VDC</i>	Sumber tegangan 220 VAC menjadi 12VDC sebagai sumber tegangan pada komponen-komponen
4.	<i>Step Down DC TO DC</i>	Sebagai penuruntegangan dari 12VDC menjadi 3VDC sebagai sumber tegangan <i>pump</i>
5.	<i>3 way solenoid valve</i>	Sebagai terminal masuknya udara bertekanan dan gas CO
6.	<i>3 way solenoid valve</i>	Sebagai terminal masuknya udara bertekanan dan gas CO
7.	<i>3 way solenoid valve</i>	Sebagai terminal masuknya udara bertekanan dan gas CO
8.	<i>Pump</i>	Ssebagai menyedot dan menyemburkan gas CO pada sensor
9.	Sensor MQ-7	Untuk membaca kandungan gas CO pada <i>silo bunker</i> atau korek api
10.	<i>Tubing</i>	Sebagai konektor

1. Pengujian *3 way solenoid valve*

Pengujian *3 way solenoid valve* dilakukan untuk mengetahui hasil dari rancangan apakah sudah sesuai dengan prinsip kerja *3 way solenoid valve*. Yaitu pada saat *silo bunker D* aktif maka katup pada *solenoid* berada pada posisi (A ke R) dengan begitu katup pada *solenoid silo bunker E* dan *silo bunker F* berada pada posisi (P ke A), pada saat *silo bunker E* aktif maka katup pada *solenoid* berada pada posisi (A ke R) dengan begitu katup pada *solenoid silo bunker D* dan *silo bunker F* berada pada posisi (P ke A) dan begitupun pada saat *silo bunker F* aktif maka katup pada *solenoid* berada pada posisi (A ke R) dengan begitu katup pada *solenoid silo bunker E* dan *silo bunker D* berada pada posisi (P ke A).

■ **Tabel 3.** Hasil Pengujian 3 Way Selenoid Valve

NO	KONDISI	P ke A	A ke R
1.	Manual Silo Bunker D Aktif		√
2.	Manual Silo Bunker D Tidak Aktif	√	
3.	Manual Silo Bunker E Aktif		√
4.	Manual Silo Bunker E Tidak Aktif	√	
5.	Manual Silo Bunker F Aktif		√
6.	Manual Silo Bunker F Tidak Aktif	√	
7.	Otomatis Silo Bunker D 1 Menit Aktif		√
8.	Otomatis Silo Bunker E 1 Menit Aktif		√
9.	Otomatis Silo Bunker F 1 Menit Aktif		√
10.	Otomatis Silo Bunker D 2 Menit Aktif		√
11.	Otomatis Silo Bunker E 2,5 Menit Aktif		√
12.	Otomatis Silo Bunker F 2,5 Menit Aktif		√

2. Pengujian pump

Pengujian *pump* dilakukan untuk mengetahui hasil dari rancangan apakah sudah sesuai dengan penelitian. Yaitu pompa berfungsi untuk mempercepat aliran gas yang melewati *tubing* dan *solenoid* yang nantinya akan terbaca pada sensor MQ-7, *pump* akan aktif setelah 3 detik *solenoid* aktif. Berikut tabel hasil dari pengujian *pump*.

■ **Tabel 4.** Hasil Pengujian Pump

NO	KONDISI	BAIK	TIDAK
1.	Manual Silo Bunker D Aktif	√	
2.	Manual Silo Bunker D Tidak Aktif	√	
3.	Manual Silo Bunker E Aktif	√	
4.	Manual Silo Bunker E Tidak Aktif	√	
5.	Manual Silo Bunker F Aktif	√	
6.	Manual Silo Bunker F Tidak Aktif	√	
7.	Otomatis Silo Bunker D 1 Menit Aktif	√	
8.	Otomatis Silo Bunker E 1 Menit Aktif	√	
9.	Otomatis Silo Bunker F 1 Menit Aktif	√	
10.	Otomatis Silo Bunker D 2 Menit Aktif	√	
11.	Otomatis Silo Bunker E 2,5 Menit Aktif	√	
12.	Otomatis Silo Bunker F 2,5 Menit Aktif	√	

3. Pengujian sensor MQ-7

Pengujian sensor berfungsi untuk mengetahui nilai gas yang melewati solenoid dari *silo bunker* menuju sensor. Sensor hanya sebagai media apakah gas CO dapat melewati solenoid atau tidak.

■ **Tabel 5.** Hasil Pengujian Sensor MQ-07

NO	KONDISI	HASIL GAS CO
1.	Otomatis Silo Bunker D 1 Menit	8.22 PPM
2.	Otomatis Silo Bunker E 1 Menit	14.66 PPM
3.	Otomatis Silo Bunker F 1 Menit	11.71 PPM
4.	Otomatis Silo Bunker D 2 Menit	6.10 PPM
5.	Otomatis Silo Bunker E 2 Menit	17.37 PPM
6.	Otomatis Silo Bunker F 2 Menit	9.41 PPM
7.	Otomatis Silo Bunker D 2,5 Menit	5.44 PPM

8.	Otomatis <i>Silo Bunker E</i> 2,5 Menit	13.21 PPM
9.	Otomatis <i>Silo Bunker F</i> 2,5Menit	11.57 PPM
10.	Manual <i>Silo Bunker D</i>	16.69 PPM
11.	Manual <i>Silo Bunker E</i>	7.88 PPM
12.	Manual <i>Silo Bunker F</i>	4.53 PPM
13.	Otomatis	1.19 PPM
14.	Manual	1.19 PPM

```

MANUAL SILO F GAS CO=1.19PPM
MANUAL SILO F GAS CO=4.53PPM
MANUAL SILO F GAS CO=8.56PPM
MANUAL SILO F GAS CO=9.29PPM
MANUAL SILO F GAS CO=9.41PPM
MANUAL SILO F GAS CO=9.29PPM
MANUAL SILO F GAS CO=9.06PPM
  MANUAL GAS CO=9.60PPM
MANUAL SILO F GAS CO=10.51PPM
MANUAL SILO F GAS CO=11.00PPM
MANUAL SILO F GAS CO=12.05PPM
MANUAL SILO F GAS CO=11.40PPM
MANUAL SILO F GAS CO=10.48PPM
MANUAL SILO F GAS CO=9.67PPM
  MANUAL GAS CO=14.25PPM
  MANUAL GAS CO=3.98PPM
  MANUAL GAS CO=1.31PPM
  MANUAL GAS CO=1.25PPM
  MANUAL GAS CO=1.25PPM
  MANUAL GAS CO=1.25PPM
  MANUAL GAS CO=1.25PPM

```

■ **Gambar 12.** Hasil Pengujian Ditampilkan pada Serial Monitor



■ **Gambar 13.** Hasil Pengujian Ditampilkan pada LCD I2C

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari pengujian keseluruhan alat yang berjudul “Rancang Bangun Sekuensial *Switching* untuk Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) pada *Silo Bunker* di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton” diperoleh kesimpulan bahwa pada saat *silo bunker D* diaktifkan maka katup pada *valve (A ke R)* akan terbuka untuk mengambil *sample gas CO* dan katup *valve (P ke A)* pada *silo bunker E* dan *F* akan terbuka untuk dimasukkan *instrumen air* supaya dapat membersihkan sisa-sisa gas CO dan debu agar tidak tersumbat pada *tubing*. *3 way solenoid valve* dapat bekerja hanya dengan menggunakan udara yang bertekanan.

Saran untuk pengembangan lebih lanjut dari alat yang berjudul “Rancang Bangun Sekuensial *Switching* untuk Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) pada *Silo Bunker* di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton” sebagai berikut :

- Penggunaan *3 way solenoid valve* tanpa menggunakan udara yang bertekanan, agar dapat

Rancang Bangun Sekuensial Switching untuk Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO) pada Silo Bunker di PLTU Unit 5 dan 6 Paiton

memaksimalkan cara kerja 3 way *selenoid valve*.

- Kedepannya alat tersebut dapat memasukkan gas CO₂ secara otomatis dan
- Dapat dikendalikan dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. R. Liquide, "Carbon monoxide Carbon monoxide," *Saf. Data Sheet*, pp. 1–15, 2018.
- [2] Dandi Nugroho and Sunarto, "MODIFIKASI OUTLET COALBUNKER DAN OUTLET COAL FEEDER UNTUK MENGATASI PLUGGING BATUBARA DI PLTU TANJUNG AWAR-AWAR TUBAN," *Keilmuan dan Terap. Tek.*, vol. 06, pp. 48–54, 2017.
- [3] A. S. Ramadhani, "Sistem Emergency Shut Down (ESD) pada Hydrocracking Unit A (HCU-A) di PT . Pertamina (Persero) Refinery Unit V (RU V) Balikpapan," *Tek. elektro*, vol. 1, pp. 1–9, 2019.
- [4] P. A. Wirananda, "LAPORAN KERJA PRAKTIK di PT. YTL Jawa Timur Jl. Raya Surabaya – Situbondo Km 141, Paiton, Probolinggo, Jawa Timur," 2016.
- [5] N. Fidelia, "SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN PETA DIGITAL BERBASIS SENSOR KARBON MONOKSIDA BERGERAK," 2017.
- [6] A. W. Yudha, "PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN TEKANAN PADA SHUTDOWN VALVE UNTUK ANTISIPASI KEBAKARAN BERBASIS PNEUMATIC MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 328," pp. 1–10, 2015.
- [7] M. A. Nugroho, "Rancang bangun sistem supervisory control and data acquisition (scada) pada gardu induk pln berbasis mikrokontroler skripsi," 2019.