

Pemrograman Sistem Arduino Nano dan Arduino Mega Menggunakan *Ladder Logic*

Firza Wardhana¹, Sunu Pradana², dan Khairuddin Karim³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
sunupradana@polnes.ac.id

Abstrak- *Programmable logic controller (PLC)* merupakan salah satu alat kendali yang dirancang untuk mengendalikan dan mengatur jalannya suatu proses industri secara otomatis. Salah satu bahasa yang umum dipakai untuk memrogram PLC adalah *ladder logic*. Untuk dapat melakukan pemrograman dengan baik, diperlukan waktu yang cukup untuk mempelajari dengan cara mencoba langsung di sistem alat. Tetapi harga perangkat PLC industrial cukup mahal, sehingga menyulitkan mahasiswa untuk dapat dengan leluasa mempelajarinya. Dengan demikian diperlukan suatu cara agar mahasiswa dapat berlatih secara intensif tanpa terkendala faktor biaya yang mahal. Salah satu upaya adalah dengan mencoba memanfaatkan sistem Arduino Nano dan Arduino Mega yang dapat diprogram dengan *ladder logic* melalui perangkat lunak Outseal Studio dan LDmicro. Dalam makalah ini disampaikan bagaimana sistem Arduino yang lebih murah dapat dimanfaatkan untuk mempelajari *ladder logic*. Pengujian dilakukan dengan simulasi dasar sistem praktikum *airblast, milling, pompa air dan ATS*, dengan hasil sistem bekerja sesuai dengan deskripsi dan program yang diterapkan. Alat yang dihasilkan ini dapat menjadi alternatif untuk pembelajaran mahasiswa.

Kata kunci: *Arduino, ladder logic, PLC, simulasi*

I. PENDAHULUAN

Pada awalnya penggunaan sistem kontrol menggunakan sistem kendali konvensional, yaitu dengan sistem sambungan menggunakan beberapa komponen seperti *timer, relay, counter* dan kontaktor. Pada generasi selanjutnya, sistem kontrol industri sudah menggunakan mikroprosesor dengan bahasa pemrograman *assembler*. *Programmable logic controller (PLC)* pertama kali digunakan pada tahun 1968-an yaitu saat tuntutan otomatisasi industri semakin besar. Perusahaan yang pertama kali merealisasikannya rancangan PLC adalah General Motors (GM), meskipun hanya berupa sekuensial kontrol, tidak seperti PLC yang dikenal sekarang yang mampu untuk menangani pengendalian-pengendalian yang lebih kompleks [1].

PLC merupakan salah satu alat kendali yang dirancang untuk mengendalikan dan mengatur jalannya suatu proses secara otomatis. Hingga saat ini PLC masih banyak dipergunakan sebagai pengendali proses industri-industri di dunia untuk mencapai efisiensi. Salah satu bahasa yang dipergunakan untuk pemrograman PLC adalah *ladder logic*. Untuk mempelajari *ladder logic* ini diperlukan waktu yang cukup untuk memahaminya. Di Politeknik Negeri Samarinda khususnya jurusan Teknik Elektro telah diperkenalkan dasar bahasa pemrograman *ladder logic* kepada mahasiswa. Tetapi

untuk mempelajarinya lebih lanjut diperlukan lebih banyak latihan praktik.

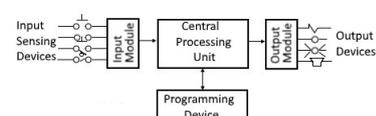
Saat ini PLC buatan pabrik seperti dari Omron, Siemens, Schneider, Alled Braddley, Mitsubishi, dan lain-lain yang digunakan sebagai alat kendali di industri maupun sebagai pembelajaran tentu harganya relatif mahal. Dari berbagai sumber dari toko-toko *online* harga sebuah PLC berkisar sekitar 1 juta sampai dengan 5 juta. Mahalnya alat ini menyebabkan mahasiswa harus berpikir ulang untuk membelinya. Sistem kerja untuk membuat PLC ini sebenarnya tidak memerlukan perangkat yang mahal, karena semua komponen yang diperlukan mudah didapatkan di toko-toko elektronik. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis bertujuan untuk membuat sebuah alat praktikum untuk mengembangkan salah satu media pembelajaran alternatif untuk mengatasi masalah tersebut.

Arduino adalah sistem pengendali elektronik yang berharga relatif murah, banyak tersedia, dan sudah banyak dipakai. Dengan perkembangan baru Arduino dapat diprogram dengan menggunakan *ladder logic*, misalnya dengan menggunakan aplikasi Outseal Studio atau LDmicro. Maka dari itu Arduino dapat dipergunakan untuk lebih memahami *ladder logic* dengan lebih baik. Dengan menggunakan Arduino dapat mengurangi biaya pembelian PLC sehingga lebih hemat, dan juga mahasiswa dapat melakukan lebih banyak praktik langsung di rumah. Dengan adanya alat praktikum ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam meningkatkan minat belajar dan memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep dari pembelajaran PLC.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Programmable Logic Controller (PLC)*

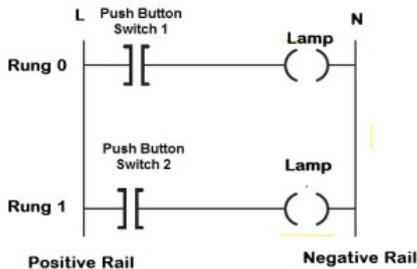
Programmable logic controller adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, di mana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog [2]. [Gambar 1](#) merupakan diagram blok dari PLC.



Gambar 1. PLC blok diagram [3]

B. Ladder Logic

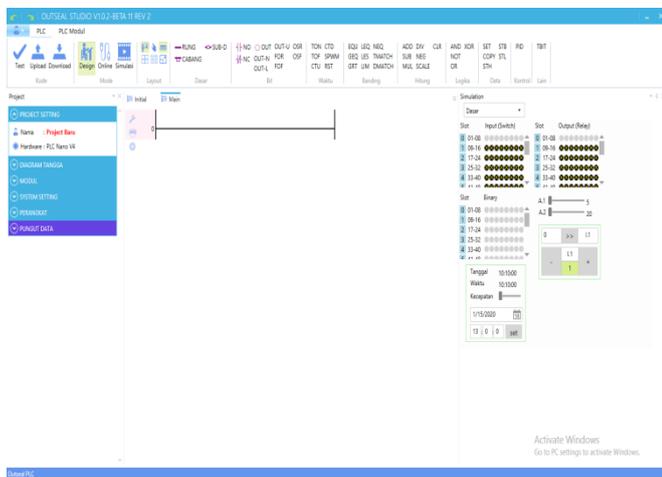
Ladder logic adalah bentuk paling sederhana dari pemrograman PLC. Biasa dikenal dengan logika relai atau *ladder diagram*. Kontak relai yang digunakan dalam sistem yang dikendalikan relai dipresentasikan menggunakan *ladder logic* [3]. [Gambar 2](#) menunjukkan contoh sederhana dari *ladder logic*.



Gambar 2. PLC ladder logic [3]

C. Outseal Studio

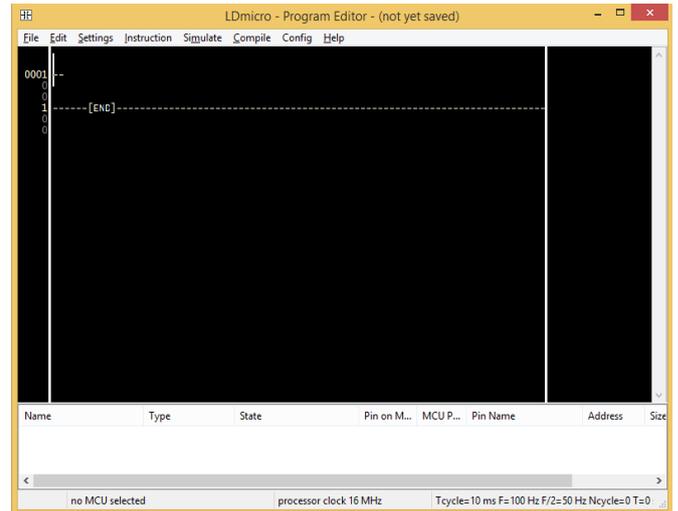
Outseal Studio adalah sebuah perangkat lunak (software) yang dijalankan di komputer (PC) berfungsi untuk memprogram hardware. Outseal Studio PLC menggunakan diagram tangga [4]. Pada [Gambar 3](#) ditunjukkan tampilan dari Outseal Studio.



Gambar 3. Tampilan Outseal Studio

D. LDmicro

Software LDmicro dirancang hampir mirip dengan kebanyakan software yang digunakan PLC komersial. Dengan menggunakan diagram *ladder* untuk program yang diinginkan. LDmicro dapat mensimulasikan secara *real time* pada PC. Kemudian ketika yakin bahwa itu benar, lalu dapat menetapkan pin pada mikrokontroler ke *input* dan *output* program. Setelah menetapkan pin, lalu dapat mengkompilasi kode PIC atau AVR untuk program. *Output compiler* adalah file .hex yang dapat di program ke mikrokontroler menggunakan program PIC atau AVR apapun. LDmicro mengkompilasi logika tangga ke kode PIC16 atau AVR. Pada [Gambar 4](#) ditunjukkan tampilan dari LDmicro.

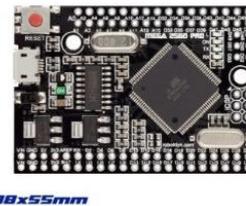


Gambar 4. Tampilan LDmicro

E. Arduino Mega 2560 PRO

Papan Arduino Mega 2560 PRO didasarkan pada mikrokontroler ATmega2560 dan adaptor USB-UART. Papan ini kompatibel dengan Arduino Mega 2560. Papan ini memiliki ukuran dimensi 38x55mm dan merupakan solusi yang sangat baik untuk mengembangkan proyek berdasarkan ATmega2560.

Fungsionalitas Mega Pro Embed identik dengan Arduino Mega 2560. Meskipun merupakan papan Embed, itu stabil seperti papan Mega. Menggunakan chip asli, dan resonator kuarsa berkualitas tinggi 16 MHz ada pada papan. Papan ini memiliki konektor *micro* USB yang dapat menghubungkan mikrokontroler ke komputer melalui adaptor USB-UART CH340 (Instalasi driver mungkin diperlukan) [5]. [Gambar 5](#) merupakan tampilan dari Arduino Mega 2560 PRO.



Gambar 5. Arduino Mega 2560 PRO [5]

F. Arduino Nano

Arduino Nano merupakan sebuah papan berukuran kecil, lengkap, dan ramah berdasarkan ATmega328P (Arduino Nano 3.x). Ini memiliki fungsi kurang lebih sama dengan Arduino Duemilanove tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano menggunakan kabel port USB Mini dan kabel port USB *Micro* [6]. [Gambar 6](#) menunjukkan tampilan dari Arduino Nano.

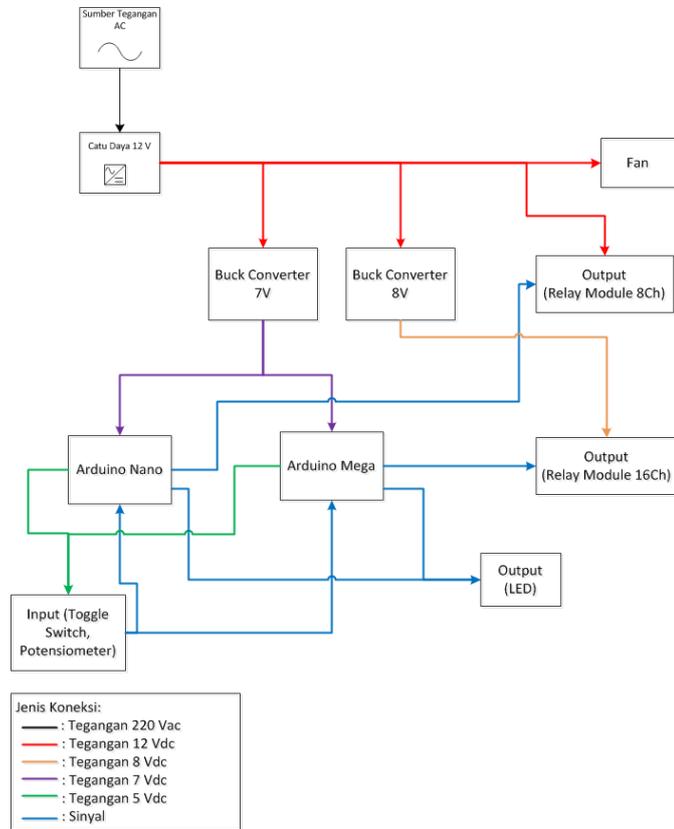


Gambar 6. Arduino Nano [7]

III. METODE PENELITIAN

A. Gambaran Umum Sistem

Gambaran sistem yang akan dirancang pada alat ini meliputi *input* berupa *toggle switch* dan *potensiometer*, *output* berupa LED dan *relay module*. Gambar 7 menampilkan gambaran umum sistem.



Gambar 7. Gambaran umum sistem

B. Merancang Sistem Catu Daya

Merancang sistem catu daya diperlukan untuk memberikan tegangan suplai yang berbeda pada tiap komponen. Catu daya utama yang digunakan pada alat ini yaitu catu daya tersaklar, catu daya yang digunakan adalah 12 Volt DC dengan kemampuan arus sebesar 10 A. Catu daya ini digunakan untuk menyuplai dua buah *buck converter* dan sebuah *relay module*, juga untuk menyuplai daya pada fan. *Buck converter* yang digunakan XL-4005 5A DC-DC *adjustable step down*, *input*: 4-35 V dan *output*: 1,25-32 V. Perkiraan konsumsi catu daya dalam sistem alat praktikum PLC menggunakan Arduino Mega dan Nano ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

TABEL 1
PERKIRAAN NILAI ARUS PADA MODE OUTSEAL STUDIO

No	Beban	Arus (A)
1	Kipas 8 x 8 (2 buah)	0,30
2	LED (8 buah)	0,114
3	Relay module 8 channel 12 V	0,144
Total		0,558

Submitted: 09/05/2021; Revised: 19/08/20x21;
Accepted: 10/06/2021; Online first: 04/08/2021
http://dx.doi.org/10.46964/poligrd.v2i2.704

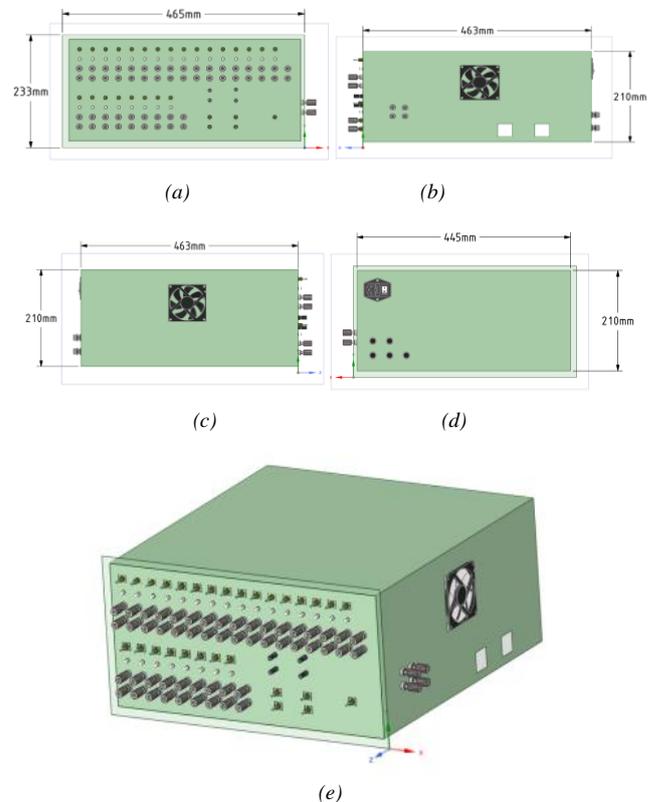
TABEL 2
PERKIRAAN NILAI ARUS PADA MODE LDMICRO

No	Beban	Arus (A)
1	Kipas 8 x 8 (2 buah)	0,30
2	LED (16 buah)	0,288
3	Relay modul 16 channel 5 V	0,228
Total		0,756

Berdasarkan perkiraan konsumsi catu daya dengan menggunakan SMPS dengan tegangan *output* sebesar 12 Vdc dan arus sebesar 10 A. Sedangkan *buck converter* yang digunakan XL-4005 5A DC-DC *adjustable step down*, *input*: 4-35 V dan *output*: 1,25-32 V. Dengan begini penggunaan catu daya telah terpenuhi.

C. Perancangan Box

Dalam perancangan *box* atau kotak alat simulasi ini menggunakan *software* Design Spark Mechanical. Pada pembuatan kotak ini menggunakan material plastik mika, dengan bahan seperti ini kotak akan tembus pandang sehingga rangkaian sistem di dalam dapat terlihat dengan jelas. Gambar 8 menampilkan rancangan kotak.

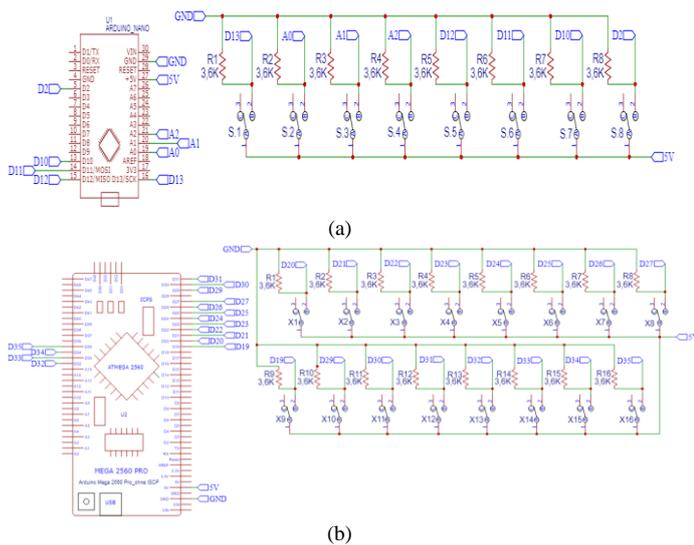


Gambar 8. Tampilan Box, (a)Tampak depan, (b) Tampak kiri, (c) Tampak kanan, (d) Tampak belakang, (e) 3D

D. Perancangan Rangkaian Input Berupa Toggle Switch

Toggle switch yang digunakan yaitu *toggle switch* DPDT. *Toggle switch* ini mempunyai 6 pin(kaki) dengan 2 arah penyakelaran. Kemampuan *toggle switch* ini sebesar 3 A 250 V

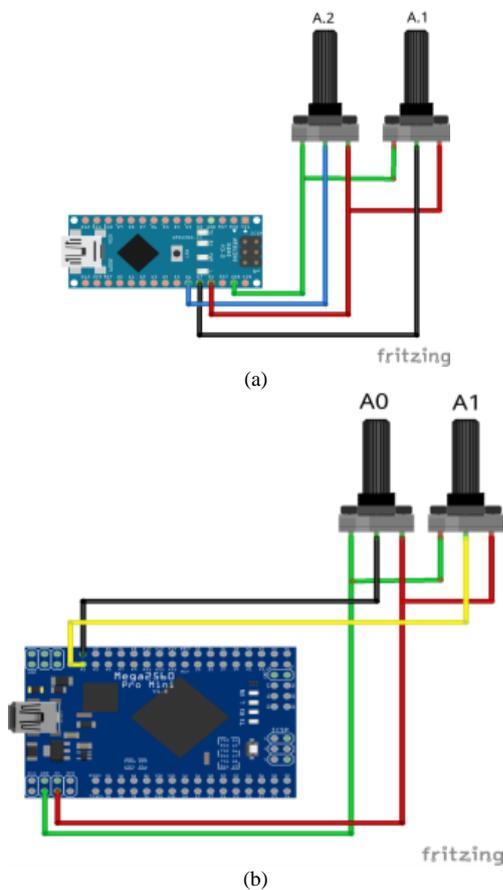
atau 6A 125V. Pada [Gambar 9](#) ditampilkan rangkaian *toggle switch*.



Gambar 9. Rangkaian *input* dengan *toggle switch*, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega (LDmicro)

E. Perancangan Rangkaian Analog Input Berupa Potensiometer

Potensiometer yang digunakan yaitu potensiometer 1000 Ω. Potensiometer di sini digunakan sebagai analog *input* dari alat ini. Pada [Gambar 10](#) ditunjukkan rangkaian analog *input*.

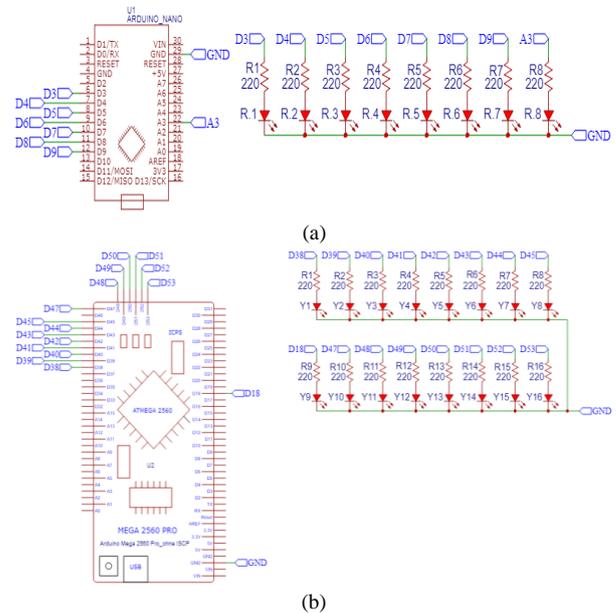


Submitted: 09/05/2021; Revised: 19/08/20x21;
Accepted: 10/06/2021; Online first: 04/08/2021
<http://dx.doi.org/10.46964/poligrd.v2i2.704>

Gambar 10. Rangkaian analog *input* dengan potensiometer, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega (LDmicro)

F. Perancangan Rangkaian Output Berupa LED

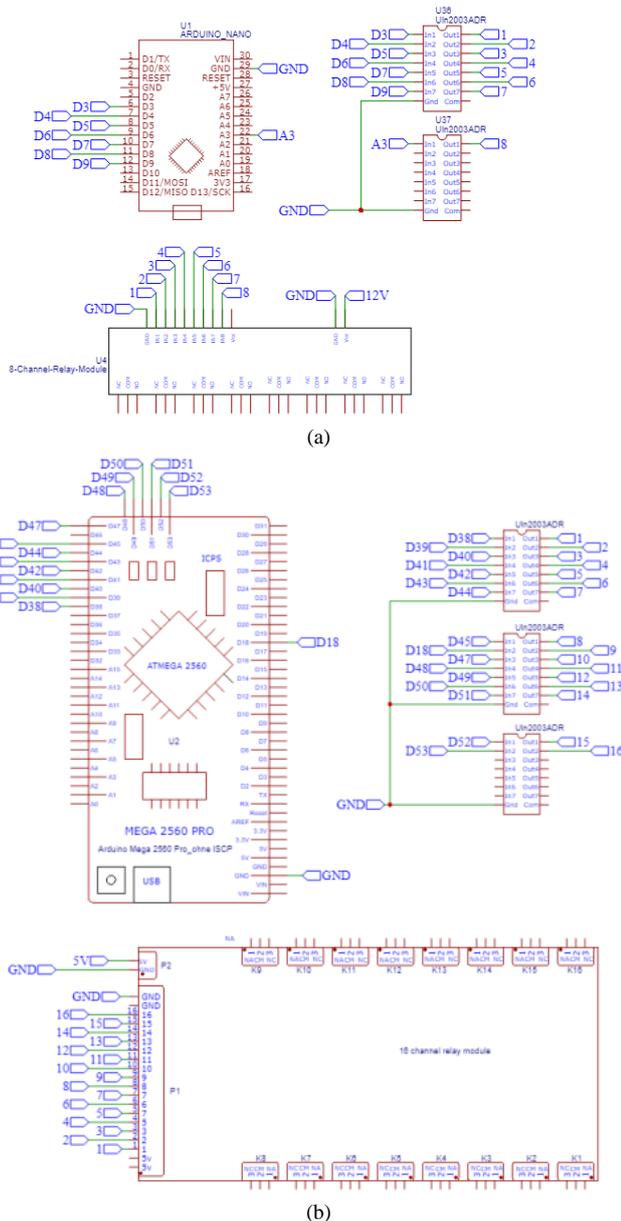
LED yang digunakan yaitu lampu LED 5mm warna merah. LED berfungsi sebagai indikator atau lampu tanda. Lampu LED dapat beroperasi dengan tegangan 2 V dan 20 mA. Lampu LED pada alat ini digunakan sebagai *output* internal. [Gambar 11](#) menampilkan rangkaian *output*.



Gambar 11. Rangkaian *output* dengan LED, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega (LDmicro)

G. Perancangan Rangkaian Output Berupa Relay Module

Relay yang digunakan yaitu relay module 8 channel 12V DC dan 16 channel 5V DC. Relay module ini berfungsi untuk mengendalikan berbagai perangkat listrik dengan arus yang besar. Kapasitas relay sebesar, AC 250 volt 10 ampere dan DC 30 volt 10A. Relay module sendiri sudah memiliki rangkaian proteksi isolasi dan arus kickback. LED indikator pada relay module berfungsi untuk menandakan channel yang aktif. Relay module pada alat ini digunakan sebagai *output* external. IC ULN2003 dipasang pada PCB untuk memberikan nilai NOT pada sinyal yang berasal dari Arduino, karena relay module yang digunakan menggunakan *low trigger* maka agar sesuai dengan *output* LED maka digunakan IC ULN2003. [Gambar 12](#) menampilkan rangkaian relay module.



Gambar 12. Rangkaian output berupa relay module, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega (LDmicro)

H. Rancangan Sistem Untuk Simulasi Menggunakan Ladder Logic

Untuk merancang sebuah sistem Arduino Nano dengan menggunakan ladder logic, penulis menggunakan sebuah perangkat lunak yaitu Outseal Studio. Outseal Studio ini dapat digunakan sebagai simulasi untuk pembelajaran dan juga dapat langsung diaplikasikan.

Untuk merancang sebuah sistem Arduino Mega dengan menggunakan ladder logic, penulis menggunakan sebuah perangkat lunak yaitu LDmicro. Sebenarnya LDmicro dapat digunakan pada sistem Arduino Nano dan Arduino Mega, tetapi di sini penulis hanya menggunakannya untuk sistem Arduino Mega.

Untuk simulasi yang dilakukan pada alat ini disesuaikan dengan praktik job bengkel pada semester 5, pada simulasi dilakukan beberapa penyesuaian dari praktik job bengkel akan

tetapi tidak mengubah dasar dari pembelajaran. Adapun beberapa simulasi yang akan diaplikasikan pada sistem Arduino Nano dan Arduino Mega dengan menggunakan ladder logic sebagai berikut:

• Airblast

Pada sistem simulasi airblast terdapat dua pengoperasian yaitu dengan operasi “normal” dan operasi “manual”. Tabel 3 adalah pengalamatan input simulasi airblast pada Arduino Nano dan Tabel 4 adalah pengalamatan input simulasi airblast pada Arduino Mega. Tabel 5 adalah pengalamatan output simulasi airblast pada Arduino Nano dan Tabel 6 adalah pengalamatan output simulasi airblast pada Arduino Mega.

TABEL 3
PENGALAMATAN INPUT SIMULASI AIRBLAST PADA SISTEM ARDUINO NANO (OUTSEAL STUDIO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Input
1	S1	D13	Normal
2	S2	A0	Start Normal
3	S3	A1	Stop Normal
4	S4	A2	Flow Switch
5	S5	D12	Light Barrier
6	S6	D11	Manual
7	S7	D10	Start/Stop M1
8	S8	D2	Start/Stop M2

TABEL 4
PENGALAMATAN INPUT SIMULASI AIRBLAST PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Input
1	XNormal	20	Normal
2	XStartNormal	21	Start Normal
3	XStopNormal	22	Stop Normal
4	XFlowSwitch	23	Flow Switch
5	XLightBarrier	24	Light Barrier
6	XManual	25	Manual
7	XStartStop_M1	26	Start / Stop M1
8	XStartStop_M2	27	Start / Stop M2

TABEL 5
PENGALAMATAN OUTPUT SIMULASI AIRBLAST PADA SISTEM ARDUINO NANO (OUTSEAL STUDIO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Output
1	R1	D3	M1 Star
2	R2	D4	M1 Delta
3	R3	D5	M2

TABEL 6
PENGALAMATAN OUTPUT SIMULASI AIRBLAST PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Output
1	YM1_Star	38	M1 Star
2	YM1_Delta	39	M1 Delta
3	YM2	40	M2

• Milling

Pada sistem simulasi milling pada alat ini hanya dapat dilakukan pada sistem Arduino Mega dikarenakan jumlah I/O

yang terdapat pada sistem Arduino Nano terbatas. Sistem simulasi *milling* terdapat dua pengoperasian yaitu dengan operasi “normal” dan operasi “perbaikan”. [Tabel 7](#) adalah pengalaman *input* simulasi *milling* pada Arduino Mega. [Tabel 8](#) adalah pengalaman *output* simulasi *milling* pada Arduino Mega.

TABEL 7
PENGALAMATAN *INPUT* SIMULASI *MILLING* PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Input
1	Xnormal	20	Normal
2	Xrepair	21	Repair
3	Xon_m1	22	M1 On
4	Xoff_m1	23	M1 Off
5	Xon_m2	24	M2 On
6	Xoff_m2	25	M2 Off
7	Xon_m3	26	M3 On
8	Xoff_m3	27	M3 Off
9	Xon_m4	19	M4 On
10	Xoff_m4	29	M4 Off
11	Xon_m5	30	M5 On
12	Xoff_m5	31	M5 Off

TABEL 8
PENGALAMATAN *OUTPUT* SIMULASI *MILLING* PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Output
1	Ym1	38	M1
2	Ym2step1	39	M2 step 1
3	Ym2step2	40	M2 step 2
4	Ym2step3	41	M2 step 3
5	Ym3	42	M3
6	Ym4	43	M4
7	Ym5	44	M5

TABEL 9
PENGALAMATAN *INPUT* SIMULASI POMPA AIR PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Input
1	XS01	20	Sistem
2	XS10AUTO	21	S10 Auto
3	XS10	22	S10 Impuls
4	XS15AUTO	23	S15 Auto
5	XS15	24	S15 Impuls
6	XB10	25	Flow Switch B10.1
7	XB15	26	Flow Switch B15.1
8	XB11	19	Saklar B11
9	XB16	29	Saklar B16
10	XB37	30	Saklar B37
11	XS38	31	Stop Alarm
12	XS32	32	Test Pompa
13	XS31	33	Test Lampu

• Pompa Air

Pada sistem simulasi pompa air pada alat ini hanya dapat dilakukan pada sistem Arduino Mega dikarenakan jumlah i/o yang terdapat pada sistem Arduino Nano terbatas. Sistem simulasi pompa air terdapat tiga pengoperasian yaitu dengan

operasi “Otomatis”, operasi “Impuls” dan operasi “Pengetesan”. [Tabel 9](#) adalah pengalaman *input* simulasi pompa air pada Arduino Mega. [Tabel 10](#) adalah pengalaman *output* simulasi pompa air pada Arduino Mega.

TABEL 10
PENGALAMATAN *OUTPUT* SIMULASI POMPA AIR PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Output
1	YPOMPA1	38	Pompa 1
2	YPOMPA2	39	Pompa 2
3	YH13	40	Lampu Tanda Aliran B10
4	YH18	41	Lampu Tanda Aliran B15
5	YH39	45	Alarm Air Penuh
6	YH25	18	Lampu Pompa 1 bekerja
7	YH28	47	Lampu Pompa 2 bekerja

• Automatic Transfer Switch (ATS)

Pada sistem ATS terdapat tiga pengoperasian yaitu dengan operasi “auto”, operasi “genset” dan operasi “repair”. [Tabel 11](#) adalah pengalaman *input* simulasi ATS pada Arduino Nano dan [Tabel 12](#) adalah pengalaman *input* simulasi ATS pada Arduino Mega. [Tabel 13](#) adalah pengalaman *output* simulasi ATS pada Arduino Nano dan [Tabel 14](#) adalah pengalaman *output* simulasi ATS pada Arduino Mega.

TABEL 11
PENGALAMATAN *INPUT* SIMULASI ATS PADA SISTEM ARDUINO NANO (OUTSEAL STUDIO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Input
1	S1	D13	auto
2	S2	A0	genset
3	S3	A1	repair
4	S8	D2	mcb

TABEL 12
PENGALAMATAN *INPUT* SIMULASI ATS PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Input
1	Xotomatis	20	auto
2	Xgenset	21	genset
3	Xrepair	22	repair
4	Xmcb	27	mcb

TABEL 13
PENGALAMATAN *OUTPUT* SIMULASI ATS PADA SISTEM ARDUINO NANO (OUTSEAL STUDIO)

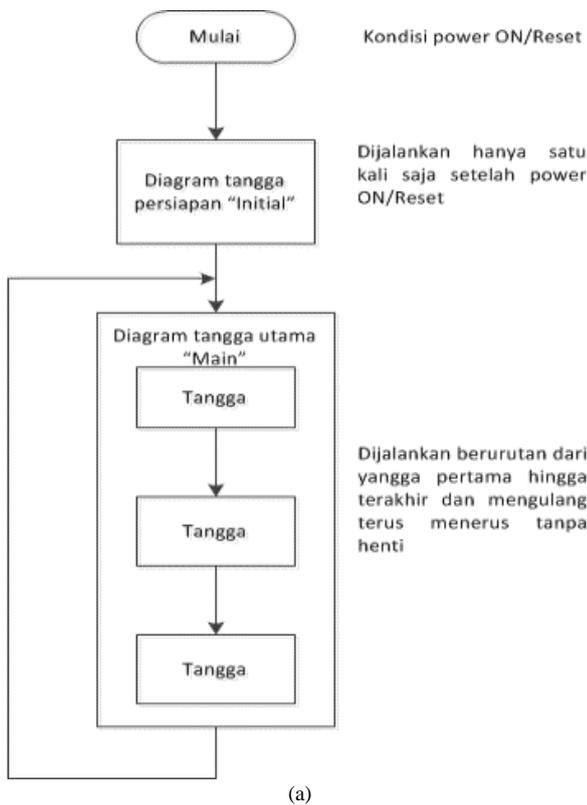
No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Output
1	R1	D3	K28 (PLN)
2	R2	D4	K23 (Genset)
3	R3	D5	Pemanasan Genset
4	R4	D6	Start Genset
5	R5	D7	Stop Genset

TABEL 14
PENGALAMATAN *OUTPUT* SIMULASI ATS PADA SISTEM ARDUINO MEGA (LDMICRO)

No	Alamat I/O	Pin Arduino Nano	Output
1	YK28_PLN	38	K28 (PLN)
2	YK23_genset	39	K23 (Genset)
3	Ypemanasangenset	40	Pemanasan Genset
4	Ystartgenset	41	Start Genset
5	Ystopgenset	42	Stop Genset

I. Diagram Alir

Pada alat praktikum PLC menggunakan Arduino Nano dan Arduino Mega terdapat diagram alir pemrograman yang dibuat berdasarkan program pada Outseal Studio dan LDmicro. Diagram alir utama pada pemrograman sistem Arduino Nano dengan menggunakan *software* Outseal Studio dan sistem Arduino Mega dengan menggunakan *ladder logic* pada *software* LDmicro seperti Gambar 13.



Gambar 13. Diagram alir, (a) Outseal Studio [4], (b) LDmicro

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Instruksi Dasar pada Arduino Nano

1). Pengujian *Input* dan *Output*

Pengujian ini dilakukan untuk menguji semua pin yang ada pada masing-masing Arduino Nano sesuai pengalaman dari *Outseal Studio* dengan memasukkan program sederhana. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pin di Arduino Nano berfungsi dengan baik. Pin pada *input* diberi logika HIGH maka pin *output* akan menyalakan LED, setelah pin *input* diberi logika LOW maka pin *output* akan mematikan LED, yang dilakukan secara bergantian. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 15.

TABEL 15
HASIL PENGUJIAN *INPUT* DAN *OUTPUT* PADA ARDUINO NANO (OUTSEAL STUDIO)

No	Pin <i>Input</i>	Alamat <i>Input</i>	Kondisi <i>Input</i>	Pin <i>Output</i>	Alamat <i>Output</i>	Kondisi <i>Output</i>
1	PB5(13)	S.1	LOW	PD3(3)	R.1	MATI
			HIGH			HIDUP
2	PC0(A0)	S.2	LOW	PD4(4)	R.2	MATI
			HIGH			HIDUP
3	PC1(A1)	S.3	LOW	PD5(5)	R.3	MATI
			HIGH			HIDUP
4	PC2(A2)	S.4	LOW	PD6(6)	R.4	MATI
			HIGH			HIDUP
5	PB4(12)	S.5	LOW	PD7(7)	R.5	MATI
			HIGH			HIDUP
6	PB3(11)	S.6	LOW	PB0(8)	R.6	MATI
			HIGH			HIDUP
7	PB2(10)	S.7	LOW	PB1(9)	R.7	MATI
			HIGH			HIDUP
8	PD2(2)	S.8	LOW	PC3(A3)	R.8	MATI
			HIGH			HIDUP

Pada pengujian *input* dan *output* pada Arduino Nano ini berhasil, yang telah dibuktikan dengan saat S.1 dalam kondisi LOW maka *output* R.1 yaitu LED 1 tidak menyala. Dan jika S.1 dalam kondisi HIGH maka *output* R.1 yaitu LED 1 menyala. Begitu juga dengan semua *input* dan *output* yang dipakai sesuai

dengan [Tabel 15](#). Maka dari itu pengalamatan *input* dan *output* sistem Arduino Nano menggunakan Outseal Studio telah sesuai.

2). Pengujian *Analog Input*

Pengujian analog *input* dilakukan untuk menguji *analog input* yang berupa potensiometer pada Arduino Nano, dengan memasukkan program sederhana. Pengujian yang dilakukan yaitu untuk menyalakan 8 *output* berupa LED dengan dua potensiometer. Untuk hasil pengujian analog *input* ditunjukkan pada [Tabel 16](#).

TABEL 16
HASIL PENGUJIAN ANALOG *INPUT* PADA ARDUINO NANO
(OUTSEAL STUDIO)

No	Pin Analog Input	Alamat Input	Kondisi Input	Pin Output	Alamat Output	Kondisi Output
1	A7	A.1	>=256	PD3(3)	R.1	HIDUP
			>=512	PD4(4)	R.2	HIDUP
			>=768	PD5(5)	R.3	HIDUP
			>=1023	PD6(6)	R.4	HIDUP
2	A6	A.2	>=256	PD7(7)	R.5	HIDUP
			>=512	PB0(8)	R.6	HIDUP
			>=768	PB1(9)	R.7	HIDUP
			>=1023	PC3(A3)	R.8	HIDUP

Pada pengujian *analog input* pada Arduino Nano berhasil dilakukan, ditunjukkan disaat nilai *analog input* A.1 lebih besar sama dengan 256 maka *output* R.1 yaitu LED 1 akan menyala. Dan jika nilai *analog input* A.1 di bawah dari 256 maka LED 1 tidak menyala. Begitu juga dengan *output* yang lainnya, sesuai dengan yang ditunjukkan [Tabel 16](#). Maka dari itu pengalamatan *analog input* sistem Arduino Nano menggunakan Outseal Studio telah sesuai.

B. Pengujian Instruksi Dasar pada Arduino Mega

1). Pengujian *input* dan *output*

Pengujian ini dilakukan untuk menguji semua pin yang ada pada masing-masing Arduino Mega sesuai pengalamatan dengan memasukkan program sederhana. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pin di Arduino Mega berfungsi dengan baik. Pin pada *input* diberi logika HIGH maka pin *output* akan menyalakan LED, setelah pin *input* diberi logika LOW maka pin *output* akan mematikan LED, yang dilakukan secara bergantian. Untuk hasil pengujian *input* dan *output* ditunjukkan oleh [Tabel 17](#).

TABEL 17
HASIL PENGUJIAN *INPUT* DAN *OUTPUT* PADA ARDUINO MEGA
(LDMICRO)

No	Pin Input	Alamat Input	Kondisi Input	Pin Output	Alamat Output	Kondisi Output
1	PD1(20)	Xpb1	LOW	PD7(38)	Y1	MATI
			HIGH			HIDUP
2	PD0(21)	Xpb2	LOW	PG2(39)	Y2	MATI
			HIGH			HIDUP
3	PA0(22)	Xpb3	LOW	PG1(40)	Y3	MATI
			HIGH			HIDUP

Lanjutan Tabel 17

4	PA1(23)	Xpb4	LOW	PG0(41)	Y4	MATI
			HIGH			HIDUP
5	PA2(24)	Xpb5	LOW	PL7(42)	Y5	MATI
			HIGH			HIDUP
6	PA3(25)	Xpb6	LOW	PL6(43)	Y6	MATI
			HIGH			HIDUP
7	PA4(26)	Xpb7	LOW	PL5(44)	Y7	MATI
			HIGH			HIDUP
8	PA5(27)	Xpb8	LOW	PL4(45)	Y8	MATI
			HIGH			HIDUP
9	PD2(19)	Xpb9	LOW	PD3(18)	Y9	MATI
			HIGH			HIDUP
10	PA7(29)	Xpb10	LOW	PL2(47)	Y10	MATI
			HIGH			HIDUP
11	PC7(30)	Xpb11	LOW	PL1(48)	Y11	MATI
			HIGH			HIDUP
12	PC6(31)	Xpb12	LOW	PL0(49)	Y12	MATI
			HIGH			HIDUP
13	PC5(32)	Xpb13	LOW	PB3(50)	Y13	MATI
			HIGH			HIDUP
14	PC4(33)	Xpb14	LOW	PB2(51)	Y14	MATI
			HIGH			HIDUP
15	PC3(34)	Xpb15	LOW	PB1(52)	Y15	MATI
			HIGH			HIDUP
16	PC2(35)	Xpb16	LOW	PB0(53)	Y16	MATI
			HIGH			HIDUP

Pada pengujian *input* dan *output* pada Arduino Mega ini berhasil, yang telah dibuktikan dengan saat Xpb1 dalam kondisi LOW maka *output* Y1 yaitu LED 1 tidak menyala. Dan jika Xpb1 dalam kondisi HIGH maka *output* Y1 yaitu LED 1 menyala. Begitu juga dengan semua *input* dan *output* yang dipakai sesuai [Tabel 17](#). Maka dari itu pengalamatan *input* dan *output* sistem Arduino Mega menggunakan LDmicro telah sesuai.

2). Pengujian *Analog Input*

Pengujian *input* analog dilakukan untuk menguji analog *input* yang berupa potensiometer pada Arduino Mega, dengan memasukkan program sederhana. Pengujian yang dilakukan yaitu untuk menyalakan 16 *output* berupa LED dengan dua potensiometer. Untuk hasil pengujian ditunjukkan oleh [Tabel 18](#).

TABEL 18
HASIL PENGUJIAN ANALOG *INPUT* PADA ARDUINO MEGA
(LDMICRO)

No	Pin Analog Input	Alamat Input	Kondisi Input	Pin Output	Alamat Output	Kondisi Output
1	A0	A0	>=128	PD7(38)	Y1	HIDUP
			>=256	PG2(39)	Y2	HIDUP
			>=384	PG1(40)	Y3	HIDUP
			>=512	PG0(41)	Y4	HIDUP
			>=640	PL7(42)	Y5	HIDUP
			>=768	PL6(43)	Y6	HIDUP
			>=896	PL5(44)	Y7	HIDUP
			>=1023	PL4(45)	Y8	HIDUP

Lanjutan Tabel 18

2	A1	A1	>=128	PD3(18)	Y9	HIDUP
			>=256	PL2(47)	Y10	HIDUP
			>=384	PL1(48)	Y11	HIDUP
			>=512	PL0(49)	Y12	HIDUP
			>=640	PB3(50)	Y13	HIDUP
			>=768	PB2(51)	Y14	HIDUP
			>=896	PB1(52)	Y15	HIDUP
			>=1023	PB0(53)	Y16	HIDUP

Pada pengujian analog *input* pada Arduino Mega berhasil dilakukan, ditunjukkan disaat nilai analog *input* A0 lebih besar sama dengan 128 maka *output* Y1 yaitu LED 1 akan menyala. Dan jika nilai analog *input* A0 di bawah dari 128 maka LED 1 tidak menyala. Begitu juga dengan *output* yang lainnya, sesuai dengan yang ditunjukkan [Tabel 18](#). Maka dari itu pengalaman analog *input* sistem Arduino Mega menggunakan LDmicro telah sesuai.

C. Pengujian Relay Module

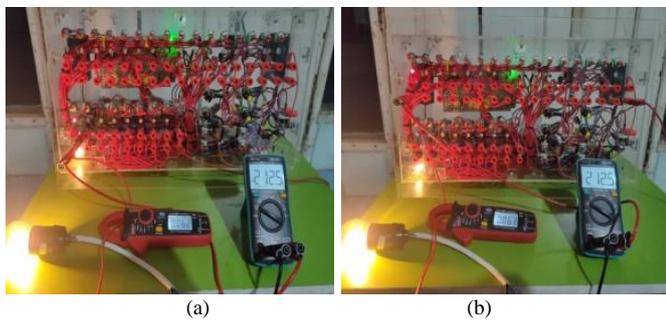
Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan *relay module* dengan menggunakan beberapa beban yang berbeda, di mana pada *relay module* terdapat pengaman fuse sebesar 4 ampere.

1). Hasil Pengukuran dengan Beban Lampu AC

Hasil pengukuran yang dilakukan dengan beban lampu AC 12 W. Pada [Tabel 19](#) dan [Gambar 14](#) adalah hasil pengukuran menggunakan multimeter.

TABEL 19
HASIL PENGUKURAN DENGAN BEBAN LAMPU AC 12 W

No	Kondisi output	Arus(A)	Tegangan(V)
Arduino Nano (Outseal Studio)			
1	Mati	0	0
	Hidup	0,062	212,5
Arduino Mega (LDmicro)			
1	Mati	0	0
	Hidup	0,063	212,5



Gambar 14. Hasil pengukuran lampu AC 12 W, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega (LDmicro)

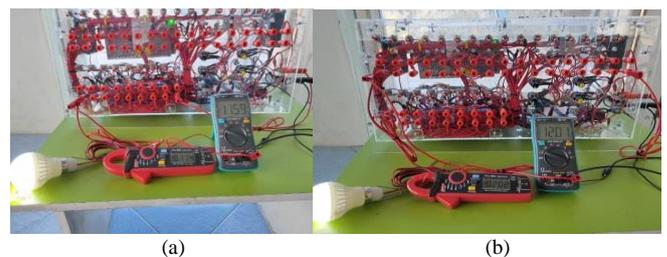
Dengan beban lampu AC 12 W ini mampu dikendalikan oleh alat ini, sehingga beban lampu AC 12 W dapat digunakan.

2). Hasil Pengukuran dengan Beban Lampu DC

Hasil pengukuran yang dilakukan dengan beban lampu DC 5 W. Pada [Tabel 20](#) dan [Gambar 15](#) adalah hasil pengukuran menggunakan multimeter.

TABEL 20
HASIL PENGUKURAN DENGAN BEBAN LAMPU DC 5 W

No	Kondisi output	Arus(A)	Tegangan(V)
Arduino Nano (Outseal Studio)			
1	Mati	0	0.003
	Hidup	0.174	11.59
Arduino Mega (LDmicro)			
1	Mati	0	0.003
	Hidup	0.202	12,01



Gambar 15. Hasil pengukuran lampu DC 5 W, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega (LDmicro)

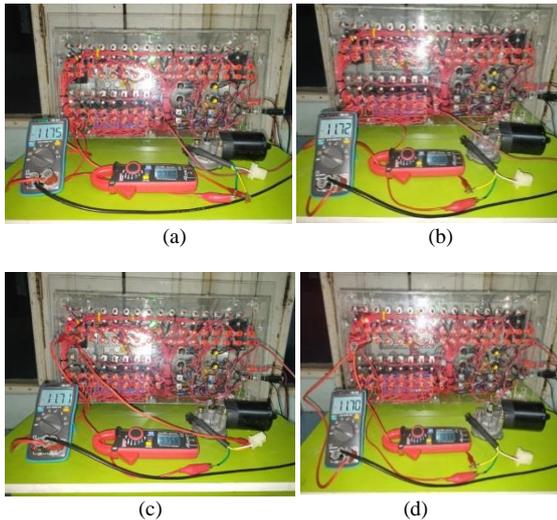
Dengan beban lampu DC 5 W ini mampu dikendalikan oleh alat ini, sehingga beban lampu DC 5 W dapat digunakan.

3). Hasil Pengukuran dengan Motor Wiper

Pada motor *wiper* terdapat 2 kondisi yaitu kondisi pelan dan kondisi laju. Hasil pengukuran yang dilakukan dengan beban motor *wiper* dapat dilihat pada [Tabel 21](#). Pada [Gambar 16](#) pengujian motor *wiper*.

TABEL 21
HASIL PENGUKURAN DENGAN MOTOR WIPER

No	Kondisi output	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Motor (RPM)
Arduino Nano (Outseal Studio)				
1	Mati	0	0.003	0
	Hidup (Pelan)	0,780	11,75	27
	Hidup (Laju)	1,008	11,72	57,9
Arduino Mega (LDmicro)				
1	Mati	0	0	0
	Hidup (Pelan)	0.819	11.84	28,1
	Hidup (Laju)	1,038	11,70	57



Gambar 16. Hasil pengukuran motor wiper. (a) Kondisi pelan Arduino Nano(Outseal Studio), (b) Kondisi laju Arduino Nano(Outseal Studio), (c) Kondisi pelan Arduino Mega(Outseal Studio), (d) Kondisi laju Arduino Mega(LDmicro)

Dengan beban motor wiper ini mampu dikendalikan oleh alat ini yang di mana pada motor wiper ini terdapat dua kondisi yaitu putar pelan dan putar cepat, sehingga beban motor wiper dapat digunakan.

4). Hasil Pengukuran dengan Motor AC 1 Fasa

Hasil pengukuran yang dilakukan dengan beban motor AC 1 fasa dapat dilihat pada Tabel 22 dan Gambar 17.

TABEL 22
HASIL PENGUKURAN DENGAN MOTOR AC 1 FASA

No	Kondisi output	Arus (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Motor (RPM)
Arduino Nano (Outseal Studio)				
1	Mati	0	0,022	0
	Hidup	0,920	232,3	2951,7
Arduino Mega (LDmicro)				
1	Mati	0	0,02	0
	Hidup	0,929	232,4	2951,7



Gambar 17. Hasil pengukuran motor AC 1 fasa, (a) Arduino Nano (Outseal Studio), (b) Arduino Mega(LDmicro)

Dengan beban motor 1 fasa ini mampu dikendalikan oleh alat ini yang, sehingga beban motor 1 fasa dapat digunakan.

• Hasil Pengukuran dengan Motor AC 3 Fasa

Untuk beban motor AC 3 Fase digunakan pengendali kontrol berupa kontaktor yang dapat mengendalikan motor 3 fasa dengan hubungan bintang, jadi alat ini tidak sepenuhnya mengendalikan motor 3 fasa. Hasil pengukuran yang dilakukan dengan beban motor AC 3 fasa dapat dilihat pada Tabel 23 dan Gambar 18.

TABEL 23
HASIL PENGUKURAN DENGAN MOTOR AC 3 FASA

No	Kondisi output	Arus(A)	Tegangan(V)	Kecepatan Motor (RPM)
Arduino Nano (Outseal Studio)				
1	Mati	0	0	0
	Hidup	0,602	399,4	3006
Arduino Mega (LDmicro)				
1	Mati	0	0	0
	Hidup	0,604	399,4	3005



Gambar 18. Hasil pengukuran motor AC 3 fase, (a) Arduino Nano(Outseal Studio), (b) Arduino Mega(LDmicro)

Dengan beban motor 3 fasa ini mampu dikendalikan oleh alat ini dengan menggunakan pengendali lain yaitu kontaktor, sehingga beban motor 3 fasa dapat digunakan dengan catatan menggunakan kontaktor.

D. Pengujian Terhadap Simulasi pada Sistem Arduino Nano

Pada pengujian yang dilakukan pada sistem Arduino Nano dengan beberapa simulasi yang akan dilakukan. Tidak dilakukan pengujian milling dan pompa air dikarenakan jumlah I/O yang tidak mencukupi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan logic analyzer. Ringkasan data hasil pengujian simulasi pada sistem Arduino Nano (Outseal Studio) ditunjukkan pada Tabel 24.

TABEL 24
RINGKASAN DATA HASIL PENGUJIAN SIMULASI PADA SISTEM ARDUINO NANO

Jenis Simulasi	Hasil Pengujian yang Didapat
Airblast	Semua komponen simulasi dan program bekerja sesuai dengan deskripsi kerja, diagram langkah dan pengujian dengan logic analyzer. Simulasi berhasil dilakukan.
Automatic Transfer Switch (ATS)	Semua komponen simulasi dan program bekerja sesuai dengan deskripsi kerja, diagram langkah dan pengujian dengan logic analyzer. Simulasi berhasil dilakukan.

E. Pengujian Terhadap Simulasi pada Sistem Arduino Mega

Pada pengujian yang dilakukan pada sistem Arduino Mega dengan beberapa simulasi yang akan dilakukan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan logic analyzer. Pada

Tabel 25 ditunjukkan ringkasan data hasil pengujian simulasi pada sistem Arduino Mega (LDmicro).

TABEL 25
RINGKASAN DATA HASIL PENGUJIAN SIMULASI PADA SISTEM ARDUINO MEGA

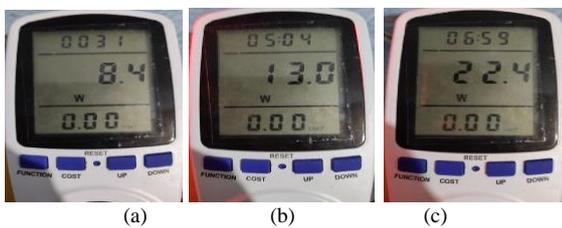
Jenis Simulasi	Hasil Pengujian yang Didapat
Airblast	Semua komponen simulasi dan program bekerja sesuai dengan deskripsi kerja, diagram langkah dan pengujian dengan <i>logic analyzer</i> . Simulasi berhasil dilakukan.
Milling	Semua komponen simulasi dan program bekerja sesuai dengan deskripsi kerja, diagram langkah dan pengujian dengan <i>logic analyzer</i> . Simulasi berhasil dilakukan.
Pompa air	Semua komponen simulasi dan program bekerja sesuai dengan deskripsi kerja, diagram langkah dan pengujian dengan <i>logic analyzer</i> . Simulasi berhasil dilakukan.
Automatic Transfer Switch (ATS)	Semua komponen simulasi dan program bekerja sesuai dengan deskripsi kerja, diagram langkah dan pengujian dengan <i>logic analyzer</i> . Simulasi berhasil dilakukan.

F. Pengujian Daya Keseluruhan

Pengukuran konsumsi daya pada sistem simulasi dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya keseluruhan. Pengukuran dilakukan pada mode *standby*, *Outseal Studio*, dan *LDmicro*. Pada **Tabel 26** ditampilkan konsumsi daya keseluruhan pada alat praktikum. Hasil pengukuran daya pada alat praktikum ditunjukkan pada **Gambar 19**.

TABEL 26
KONSUMSI DAYA KESELURUHAN PADA ALAT PRAKTIKUM

Mode	Tegangan (V)	Arus(I)	Daya (W)
<i>Standby</i>	221,4	0,075	8,4
<i>Outseal Studio</i> tanpa beban	211,1	0,080	9,1
<i>Outseal Studio</i> seluruh beban LED	220,5	0,083	10,2
<i>Outseal Studio</i> seluruh beban LED dan <i>relay module</i>	221	0,103	13
<i>LDmicro</i> tanpa beban	210,4	0,081	9,2
<i>LDmicro</i> seluruh beban LED	220,5	0,096	11,4
<i>LDmicro</i> seluruh beban LED dan <i>relay module</i>	220,9	0,165	22,4



Gambar 19. Hasil pengukuran daya, (a) Mode *standby*, (b) Mode *Outseal Studio* saat seluruh beban LED dan *relay module*, (c) Mode *LDmicro* saat seluruh beban LED dan *relay module*

Dari hasil uji daya keseluruhan, pada saat mode *standby* daya yang digunakan sebesar 8,4 Watt. Pada mode *Outseal Studio* penggunaan daya terbesar saat seluruh LED dan *relay module* aktif semua sebesar 13 Watt. Pada mode *LDmicro* penggunaan daya terbesar saat LED dan *relay module* aktif semua sebesar 22,4 Watt.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Setelah melakukan perancangan, pembuatan, pengujian alat serta data yang didapat dari hasil pengukuran dan simulasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan sistem Arduino Nano dan Arduino Mega dengan menggunakan *Outseal Studio* (8 *input* & 8 *output*) dan *LDmicro* (16 *input* & 16 *output*) dapat berfungsi dengan baik.
2. Penggunaan *output* eksternal pada alat ini mampu mengendalikan berupa lampu DC, motor *wiper*, lampu AC, motor 1 fasa dan kontaktor untuk mengendalikan motor 3 fasa. Dengan batas maksimum arus yaitu 4 A.
3. Hasil dari pengujian simulasi yang dilakukan pada sistem Arduino Nano dan Arduino Mega bekerja sesuai dengan deskripsi kerja.
4. Total daya penggunaan terbesar pada saat mode *Outseal Studio* yaitu 13 W terjadi saat seluruh beban LED dan *relay module* aktif. Total daya penggunaan terbesar pada saat mode *LDmicro* yaitu 22,4 Watt terjadi saat seluruh beban LED dan *relay module* aktif.
5. Dari penelitian ini dihasilkan sistem alat yang dapat dipakai untuk melakukan simulasi dasar praktik *airblast*, *milling*, pompa air dan ATS dengan menggunakan *ladder logic* sebagaimana PLC komersial untuk industri.
6. Sistem alat berbasis Arduino dengan harga lebih murah daripada PLC industrial dapat dipakai sebagai sarana belajar pemrograman menggunakan *ladder logic*.

B. Saran

Modul praktikum ini masih bias dikembangkan lagi dari segi fitur dan segi kontrol sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penambahan dengan menggunakan HMI, Android dan WEB.
2. Dilakukan pengujian simulasi di lapangan agar sistem yang dipakai pada alat sesuai dengan di lapangan.
3. Penambahan untuk melengkapi *ladder logic diagram* apabila dipakai diterapkan sebagai tambahan di praktik bengkel.
4. Penambahan untuk sistem proteksi apabila dipakai untuk diterapkan sebagai di praktik bengkel.

REFERENSI

[1] P. E. Moody and R. E. Morley, *The Technology Machine: How Manufacturing Will Work in the Year 2000*, Simon and Schuster, 2001.

[2] Y. I. Hatmojo, *Programmable Logic Control (PLC)*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015.

[3] V. Muthukrishnan, *Programmable Logic Controllers (PLCs): Basics, Types & Applications*, Accessed: 04-Jan-2020, Electrical4U, 11-Apr-2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/36UmxFM>.

[4] A. Bakhtiar, *Panduan Dasar Outseal PLC*, 1st ed., 2019.

[5] *Mega 2560 PRO (Embed) CH340G/ATmega2560-16AU*, Accessed: 04-Jan-2021, RobotDyn. [Online]. Available: <https://bit.ly/2NhLz2f>.

[6] *Arduino Nano*, Accessed: 05-Jan-2020, Arduino Online Shop. [Online]. Available: <https://bit.ly/2TknwLy>.

[7] *Arduino Nano*, Accessed: 02-Aug-2020, Toko Online bayu_sasongko | Shopee Indonesia. [Online]. Available: <https://bit.ly/36rvokY>.