

RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM MEKATRONIKA BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)-SCADA

Raditya Artha Rochmanto^{1)*}, Suryono²⁾, Sri Kusumastuti³⁾, Vinda Setya Kartika⁴⁾,
Achmad Fahrul Aji⁵⁾, Aminuddin Rizal⁶⁾

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang,

Jl. Prof Sudarto Tembalang, Kota Semarang, 50275

*E-mail: raditya.artha@polines.ac.id

Abstract

One of the competencies of electronic engineering graduates is the ability to operate a programmable logic controller (PLC) based actuator control system. To support competent graduates, the availability of practicum module facilities is required. This research aims to design and develop a mechatronics practicum module that is more efficient and practical. As a form of practical module development, PLC SCADA based AC motors, pneumatics, stepper motors and servo motors control system are used to give students a better understanding of practical applications in industry. In this research, the engineering design approach method is used, which consists of 3 stages: (1) design to determine the needs of the practicum modules; (2) manufacture of the practicum modules; (3) measurement. The PLC used is NA20DT-D. HMI is used as SCADA interface to facilitate control and monitoring of actuators. Modbus RTU RS232 is used as communication between PLC NA20DT-D and HMI proved to be able to easily communicate with HMI Waintek. The test results prove that this practical module can be used by students to carry out mechatronics practical experiments such as assembly, operation and testing using PLC.

Keywords: *racticum module, PLC, SCADA, AC motor control, pneumatics, stepper motor, servo motor*

Abstrak

Salah satu kompetensi lulusan vokasi di bidang teknik elektronika adalah kemampuan mengoperasikan kontrol aktuator berbasis Programable Logic Controller (PLC). Untuk mendukung lulusan yang kompeten dibutuhkan tersedianya sarana modul praktikum. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan modul praktikum mekatronika yang lebih efisien dan praktis berbasis PLC-SCADA. Sebagai bentuk pengembangan modul praktikum digunakan motor AC, pnuematik, motor stepper, dan motor servo berbasis PLC SCADA untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik dari mahasiswa tentang aplikasi praktis dalam industri. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan desain rekayasa yang terdiri dari 3 tahapan: (1) Perancangan untuk menentukan kebutuhan modul praktikum; (2) Pembuatan modul praktikum ; (3) Pengukuran. PLC yang digunakan yaitu NA20DT-D. HMI digunakan sebagai antarmuka SCADA untuk memudahkan kontrol dan monitoring aktuator. Modbus RTU RS232 digunakan sebagai komunikasi antara PLC NA20DT-D terbukti dapat dengan mudah berkomunikasi dengan HMI Waintek. Hasil pengujian membuktikan bahwa modul praktikum ini dapat digunakan mahasiswa untuk melakukan percobaan praktikum mekatronika seperti perakitan, pengoperasian, dan pengujian berbasis PLC-SCADA.

Kata Kunci : modul praktikum, PLC, SCADA, kendali Motor AC, pneumatik, stepper, servo

PENDAHULUAN

Revolusi Industri dimulai pada abad ke-18, ketika masyarakat pertanian menjadi lebih canggih dan mengalami urbanisasi. Kereta api lintas benua, mesin uap, listrik, dan penemuan lainnya merevolusi masyarakat. Arti dari revolusi industri sendiri adalah membawa perubahan besar dalam cara masyarakat memproduksi barang dan jasa. Revolusi Industri adalah keadaan dimana banyak aspek kehidupan yang terpengaruh oleh perubahan global tersebut. Proses produksi atau jasa yang mulanya sulit, memakan waktu lama, dan memakan biaya mahal menjadi lebih mudah, lebih cepat, dan lebih murah dalam prosesnya. Selama ini revolusi industri sendiri lebih dikenal dengan sebutan Revolusi Industri Keempat atau Revolusi Industri 4.0. Perubahan yang terjadi bersifat global dan mempengaruhi semua bidang kehidupan: ekonomi, politik, sosial, dan budaya (BINUS University, 2019).

Salah satu pengetahuan penting dalam Revolusi Industri 4.0 adalah pengetahuan mekatronika. Mekatronika adalah disiplin ilmu yang merupakan gabungan dari mekanika, elektronika, sistem kendali dan ilmu komputer. Mekanika lebih banyak mempelajari tentang prinsip-prinsip mekanik, mesin, actuator, gerakan dalam suatu benda, serta efek gaya dalam gerakan tersebut. Elektronika merupakan ilmu yang mempelajari komponen-komponen listrik arus lemah, termasuk di dalamnya sensor dan komponen semikonduktor lainnya. Sedangkan ilmu komputer di sini banyak mempelajari tentang pemrograman, jaringan komputer, kecerdasan buatan (artificial intelligent), dan semua sistem yang berbasis komputer (Taufik, 2020, 7). Keempat disiplin ilmu tersebut umumnya telah diajarkan pada Program Studi Teknik Elektronika, tetapi Teknik Elektronika tidak menguasai mekanika secara mendalam. Oleh karena itu tujuan utama pembelajaran mekatronika adalah memberi wawasan perancangan dengan menggabungkan keempat bidang di atas (Basjaruddin, 2011, 124). Namun mekatronika tidak bisa diberikan hanya dengan teori saja, tetapi diperlukan modul praktikum yang variatif (Muttaqin, 2007, 9).

Media pembelajaran merupakan segala alat pengajaran untuk membantu tenaga pendidik saat menyampaikan materinya kepada mahasiswa dalam proses belajar-mengajar untuk memudahkan pencapaian tujuan pembelajaran (Nurfadhillah, 2021). Metode pembelajaran praktik merupakan metode pembelajaran dimana mahasiswa belajar secara mandiri untuk membuktikan teori yang telah dipelajari secara langsung (Hapsari, 2023). Penggunaan modul trainer dengan prosedur kerja dan spesifikasi seperti di industri merupakan salah satu pilihan media pembelajaran yang dapat dikembangkan (Hasan et al, 2020). Modul praktikum bertujuan untuk menunjang kegiatan proses belajar mengajar pada peserta didik dalam menerapkan pengetahuan atau konsep yang diperolehnya dalam suatu bentuk benda nyata (Prapaskah et al, 2020).

Penggunaan PLC dan SCADA merupakan salah satu bagian penting di industri karena dapat memberikan kemudahan bagi pengguna pada proses otomasi dan monitoring (Halimi et.al., 2020). Proses otomasi di industri sendiri dapat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu pemrosesan, perakitan, inspeksi, dan penanganan material (Rusimanto et.al, 2021). Mahasiswa diharapkan dapat melakukan simulasi proses otomasi dan monitoring industri ini agar mereka memiliki kemampuan sesuai dengan yang dibutuhkan di industri ketika lulus nanti. Maka dari itu penulis akan membuat suatu alat peraga yang berhubungan dengan mekatronika yaitu “Modul Praktikum Mekatronika Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) SCADA”. Modul praktikum tersebut diharapkan dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa di bidang mekatronika.

METODE PENELITIAN

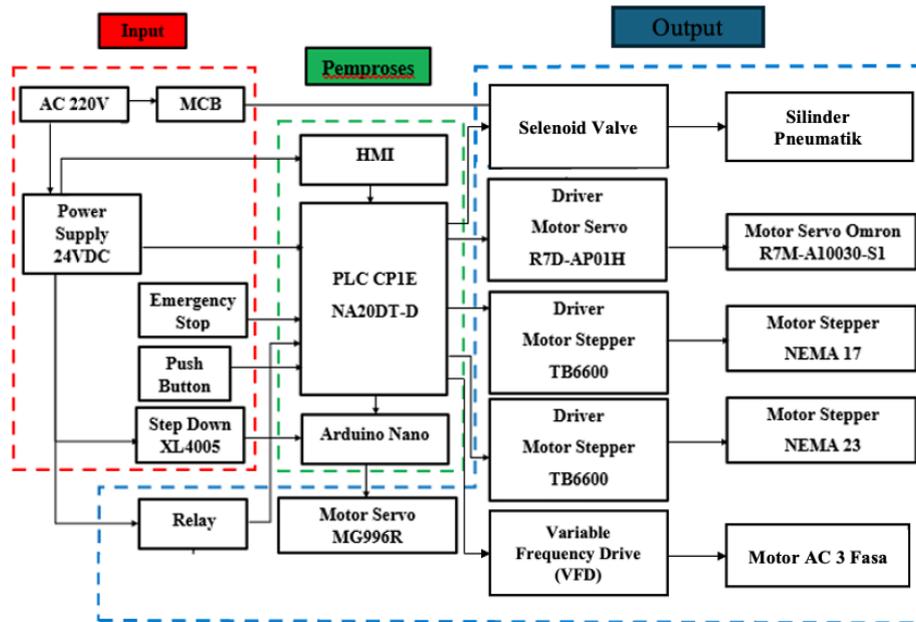
Pelaksanaan penelitian Rancang Bangun Modul Praktikum Mekatronika Berbasis PLC-SCADA terbagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap perencanaan, tahap pembuatan alat, dan tahap pengujian. Diagram pelaksanaan menggunakan metode air terjun yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode air terjun

a. Tahap Perancangan

Tahap perancangan tugas akhir ini diawali dengan studi lapangan, studi literatur, dan analisis kebutuhan untuk pembuatan alat. Dari tahap hasil studi lapangan dan analisis kebutuhan alat digunakan sebagai pertimbangan untuk pembuatan sistem dan komponen yang akan digunakan pada alat. Gambar 2 menunjukkan blok diagram modul praktikum yang akan dibuat.

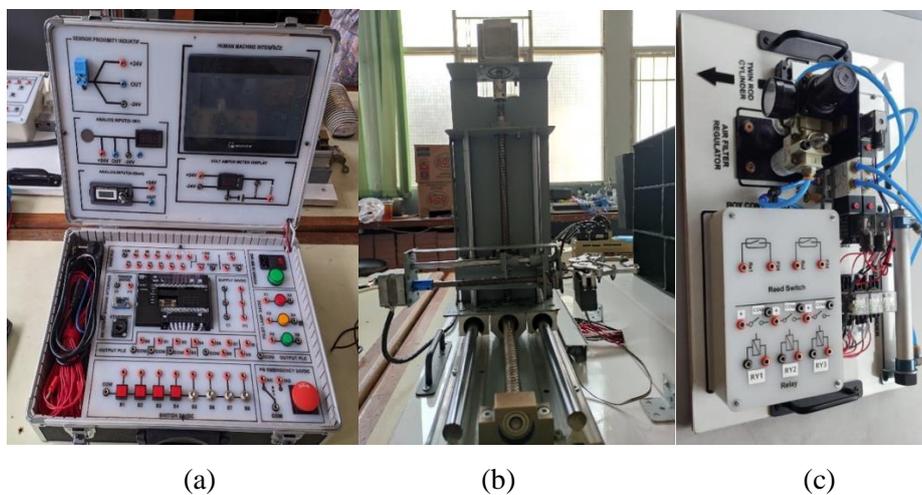


Gambar 2. Blok Diagram Modul Praktikum Mekatronika

b. Tahap Pembuatan

Pada tahap pembuatan mekanik terdiri dari 4 bagian, antara lain PLC HMI, VFD, Motor AC, *pneumatic*, Motor Servo, dan Motor Stepper. Koneksi kelistrikan dan beberapa data menggunakan komponen *banana plug* dan jack kabel. Pembuatan mekanik PLC HMI ditempatkan dalam sebuah koper untuk melindungi komponen serta memudahkan dalam perawatan dan penyimpanan. Pada bagian PLC HMI terdapat komponen lain berupa catu daya, socket power, *pilot lamp AC*, *Push Button*, saklar *toggle*, *Push button emergency*. Sebagai media assembly komponen menggunakan akrilik putih susu dengan ketebalan 5 mm. Penempatan PLC dan HMI dilakukan pada akrilik yang terpisah yaitu atas dan bawah. HMI ditempatkan pada akrilik atas sedangkan *port* komunikasi dan power HMI ditempatkan pada akrilik bawah. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan ruang yang tersedia pada koper. Pembuatan mekanik pada bagian VFD membutuhkan komponen berupa *banana plug socket power*, *pilot lamp*, dan VFD. Komunikasi VFD dengan PLC menggunakan pin Com, VR, M1 dan M2. Komunikasi VFD dengan motor AC menggunakan pin U, V, W, dan FG. Kemudian pada bagian motor AC menggunakan multiplex sebagai alas serta untuk memberikan ruang komponen *banana plug*. Lalu multiplex dilapisi dengan akrilik putih susu 5mm. Koneksi motor dengan VFD menggunakan *banana plug*. Selanjutnya pembuatan bagian *pneumatik* menggunakan multiplex sebagai alas. Komponen yang dibutuhkan pada bagian *pneumatik* antara lain *air filter regulator*, manifold, *solenoid valve*, *Cylinder pneumatic*, *double piston twin rod*, relay, dan sensor *reed Switch*. Sumber tekanan udara untuk menggerakkan aktuator *pneumatik* didapatkan dari kompresor. *Air filter regulator* berfungsi untuk menyaring udara

dari kotoran dari kompresor. Sensor *reed Switch* difungsikan untuk memberikan umpan balik ke PLC mengenai posisi *double piston twin rod pneumatic*. Komunikasi antara PLC dengan sistem *pneumatik* menggunakan *banana plug* yang ditempatkan pada akrilik control box I/O. Modul percobaan Motor Servo dan Stepper berupa lengan robot kartesian 3D. Lengan robot kartesian 3D menggunakan ball screw yang terbuat dari bahan stainless steel dengan 3 sumbu yaitu x,y, dan z. Sumbu x dipasang motor servo omron R7M-A10030-S1, sedangkan sumbu y dan z masing- masing dipasang motor stepper nema 23 dan motor stepper nema 17. Pada sumbu z terdapat motor servo MG996R sebagai penggerak gripper. Lengan robot kartesian 3D digunakan untuk memindahkan benda dari tempat penampungan menuju rak penyimpanan. Gambar 3 menunjukkan hasil pembuatan modul praktikum mekatronika.



Gambar 3. Modul Praktikum Mekatronika, (a) Koper Modul PLC, (b) Motor Servo dan Stepper, (c) Pneumatic

c. Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan dengan melakukan uji fungsi pada modul praktikum yang telah dibuat. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa modul praktikum yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik dan tepat sesuai dengan kebutuhan praktikum mekatronika. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kendali motor AC, pneumatic, motor servo, dan motor stepper dengan menggunakan PLC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan beberapa pengambilan data seperti pengukuran tegangan arus pada solenoid valve, pengukuran RPM motor AC, menunjukkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Single dan *double Solenoid valve*

Nama Komponen	Tegangan SV Saat Bekerja	Tegangan SV Saat Tak Bekerja	Arus SV Saat Bekerja	Arus SV Saat Tak Bekerja
Single Solenoid (SV1)	23,88 V	0 V	0,209 A	0 mA
<i>double Solenoid (SV2)</i>	23,86 V	0 V	0,208 A	0 mA
<i>double Solenoid (SV3)</i>	23,87 V	0 V	0,209 A	0 mA
Total arus terukur saat semua <i>solenoid valve</i> dinyalakan			0,561 A	

Hasil pengujian berupa tegangan dan arus terukur saat pneumatic bekerja dan tidak bekerja menunjukkan pneumatic dapat bekerja ketika diberi tegangan dan arus.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Putaran Kecepatan Motor AC

Kecepatan tachometer (RPM)	Kecepatan HMI		Kecepatan VFD	
	RPM	% Error	RPM	% Error
107	125	28,86	105	8
227	250	10,6	234	3,9
476	500	5,04	486	2,1
730	750	2,7	741	1,5
985	1000	1,5	996	1,1
1235	1250	1,2	1248	1,05
1487	1500	0,87	1500	0,87

Persentase nilai error paling besar sebesar 20% pada kecepatan rendah 250 RPM dan nilai persentase nilai eror paling kecil sebesar 0.87 % pada kecepatan 1500 RPM.

Tabel 3. Pengukuran RPM pada motor stepper nema 17

No.	Frekuensi (Hz)	RPM Pengukuran	RPM Perhitungan	error RPM
1	500	37.8	37.5	0.3
2	1000	74.9	75	0.1

3	1500	109.9	112.5	2.6
4	2000	152.5	150	2.5
5	2500	189.9	187.5	2.4
Rata-rata				1.58

Peningkatan frekuensi pada motor stepper akan membuat motor stepper bergerak semakin cepat. Persen eror yang dihasilkan dari hasil pengujian adalah sebesar 1.58 RPM. Hal itu dapat disebabkan karena motor stepper nema 17 cepat panas bila sering digunakan sehingga dapat mempengaruhi kinerja motor stepper dalam pengukuran.

Tabel 4. Pengukuran RPM pada motor servo omron R7M-A10030-S1

No.	Frekuensi (Hz)	RPM Pengukuran	RPM Perhitungan	Error RPM
1	500	31	30	1
2	1000	59.6	60	0.4
3	2000	120.3	120	0.3
4	4000	238.4	240	1.6
5	6000	358.8	360	1.2
6	8000	479.1	480	0.9
7	10	600.5	600	0.5
Rata-rata				0.84

Pengujian dilakukan dengan membandingkan RPM pengukuran yang diperoleh dari tachometer yang menunjukkan kondisi nyata dengan pengaturan RPM dari PLC. Pengujian ini menunjukkan adanya perbedaan yang relatif kecil (0.84 RPM) antara RPM yang diinginkan dengan RPS nyata.

Tabel 5. Pengukuran sudut putaran pada motor servo omron R7M-A10030-S1

No.	Pulse	Perhitungan (derajat ^o)	Pengukuran (derajat ^o)	Error (°)
1	250	90	90	0
2	500	180	175	5
3	750	270	270	0
4	1000	360	360	0
Rata-rata				1,25

Motor servo memiliki resolusi sebesar 0.36° , artinya untuk mencapai satu putaran atau 360° motor servo ini membutuhkan 1000 langkah. Rata-rata error yang dihasilkan sangat kecil hanya $1,25^{\circ}$. Selisih derajat bahkan hanya terjadi satu kali saat pengukuran 180° . Hal ini menunjukkan servo Omron ini dapat bekerja dengan baik dalam bergerak ke sudut tertentu.

KESIMPULAN

Perancangan dan pembuatan modul praktikum kendali motor AC, *pneumatik*, motor servo, dan stepper telah berhasil dilakukan meliputi dimensi yang jauh kecil dan tampilan yang interaktif sehingga memudahkan dalam melakukan pengoperasian, penyimpanan, dan perawatan. Dengan antarmuka yang interaktif memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi dengan lebih variatif dan memungkinkan eksplorasi konsep yang lebih mendalam. Melalui modul praktikum Mekanika ini mahasiswa dapat belajar bagaimana merakit, memprogram, dan mengendalikan secara langsung aktuator yang banyak digunakan di industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basjaruddin, N. C., & Rakhman, E. (2011). Penerapan Metoda Project Based Learning (PBL) pada praktikum mekatronika, 124.
- [2] Binus University. (2019). Sejarah dan Perkembangan Revolusi Industri – BINUS University. BINUS UNIVERSITY. Retrieved 2019, from <https://binus.ac.id/knowledge/2019/05/sejarah-dan-perkembangan-revolusi-industri/>
- [3] Halimi, Imam.(2020).Rancang Bangun Elevator Trainer Berbasis PLC dengan Monitoring Scada.Prosiding Seminar nasional Teknik ELektro.
- [4] Hapsari, Y. D., Rahmawati, S. A., Sani, F. A., Baskoro, A. P., Lestari, R., & Nadia, S. (2023). Pengaruh Metode Pembelajaran Praktek dan Ceramah pada Pembelajaran Seni Kelas III SD 6 BulungKulon. *Jurnal Ilmiah Profesi Guru (JIPG)*, 4(2), 137–145. <https://doi.org/10.30738/jipg.vol4.no2.a15396>
- [5] Hasan, M., Supatminingsih, T., Mustari, Ahmad, M. I. S., Rijal, S., & Ma’ruf, M. I. (2020). The Development of Pocketbook Learning Media based on Mind Mapping in Introductory Economics Course. *Universal Journal of Educational Research*, 8(12B), 8274-8281.
- [6] Muttaqin, A. Z. (2007, Juni 16). Pengajaran mekatronika menggunakan gambar animasi makromedia flash di jurusan teknik mesin.
- [7] Nurfadhillah, S., Ramadhanty, S., Ajzahro, S., Yuniar, W., Hilmiyah, Z., (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Microsoft Power Point Di Sdn Sarakan Ii Tangerang. *Pandawa. Jurnal Pendidikan dan Dakwah*, 3(2): 368-385.
- [8] Prapaskah, Y. A., Permata, E., & Fathurrohman, M. (2020). Trainer kit Pneumatik sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Mekanika, 150. <https://journal.uny.ac.id/index.php/elinvo/article/download/33798/16244>

- [9] Rusimanto, Puput.Wanarti., Munoto.,Samani Muclas.,Buditjahjanto I G P Asto.,Ekohariadi., Nurlaela,Luthfiyah., Nuh,Mohammad.,danEndryansyah. 2021. Fluid Mixing Process Based on Programmable Logic Controller as Training Kit for Electrical Engineering Education Students.International Journal of Integrated Engineering, 13(4), 104-111.
- [10] Taufik, I. (2020). SISTEM MECHATRONICS ENGINEERING DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0. Jakad Media Publishing. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=hh4oEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=revolusi+industri+mekatronika&ots=lZ4FJHFIMx&sig=Sh2jKqHtK6GdoAsV2aRzjEmqY7o&redir_esc=y#v=onepage&q=revolusi%20industri%20mekatronika&f=false