

REMOTE LABORATORY BERBASIS PROTOKOL VIRTUAL NETWORK COMPUTING SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN JARAK JAUH PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Isa Rachman¹, Muhammad Khoirul Hasin², Ryan Yudha Adhitya³, Mohammad Basuki Rahmat⁴
Adianto⁵, Agus Nurcahyo⁶, Dewi Rizani Ruwahida⁷

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
¹isarachman@ppns.ac.id, ²khoirul.hasin@ppns.ac.id, ³ryanyudhaadhitya@ppns.ac.id
⁴Mbasuki.rahmat@ppns.ac.id, ⁵adianto@ppns.ac.id, ⁶agusnurcahyo@ppns.ac.id
⁷dewirizani@student.ppns.ac.id

Diterima pada 30 Mei 2023; disetujui pada 22 Agustus 2023; dan diterbitkan pada 17 Oktober 2023.

Abstrak

Salah satu metode efektif yang dapat diterapkan pada pembelajaran praktikum secara daring pada masa pandemi COVID-19 yaitu, *remote laboratory* yang merupakan paduan dunia nyata dengan dunia maya menggunakan jaringan internet. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *remote laboratory* berbasis protokol *Virtual Network Computing* (VNC) pada *Programmable Logic Controller* (PLC) yang merupakan salah satu perangkat praktikum yang rutin digunakan di Laboratorium Otomasi Industri. *Remote laboratory* berupa *website remote laboratory* untuk administrator, terdiri dari manajemen *user* dan manajemen *course*; dan untuk pengguna terdiri dari *login*, *course* dan jadwal, urutan pengguna dan *remote desktop* berisi PLC *Trainer*, XG5000 dan kamera. Dari hasil pengujian *remote laboratory* mulai dari registrasi, *website remote laboratory*, *login*, pemilihan mata kuliah, kesesuaian jadwal mata kuliah, urutan pengguna dan *remote desktop* dapat diakses sehingga *remote laboratory* yang dirancang mampu bekerja dengan baik. Adanya waktu tunda sebesar 0,52–1,73 detik terhadap hasil pengambilan gambar oleh kamera sebagai visualisasi tampilan untuk memantau secara daring kegiatan praktikum di laboratorium pada komputer *client* dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet yang digunakan terutama pada komputer *server*.

Kata Kunci: praktikum, daring, remote, laboratorium, VNC, PLC.

Abstract

One effective method that can be applied to online practical learning during the COVID-19 pandemic is *remote laboratory* which is a combination of the real world and the virtual world using the internet network. This research aims to design *remote laboratory* based on the *Virtual Network Computing* (VNC) on *Programmable Logic Controller* (PLC) which is one of the regular practical devices used in Industrial Automation Laboratory. *Remote laboratory* in the form of a *remote laboratory website* for administrators consisting of *user management* and *course management*; and for users it consists of *login*, *course* and schedule, *user order* and *remote desktop* containing PLC *Trainer*, XG5000 and camera. From the results of *remote laboratory* testing starting from registration, *remote laboratory website*, *login*, *course* selection, suitability of *course* schedules, *user order* and *remote desktop* can be accessed so that the designed *remote laboratory* can work properly. The existence of a delay time of 0,52–1,73 seconds for the results of shooting by the camera as a display visualization for online monitoring of practice activities in the laboratory on the *client* computer is influenced by the condition of the internet network used mainly on *server* computers.

Key Words: practice, online, remote, laboratory, VNC, PLC.

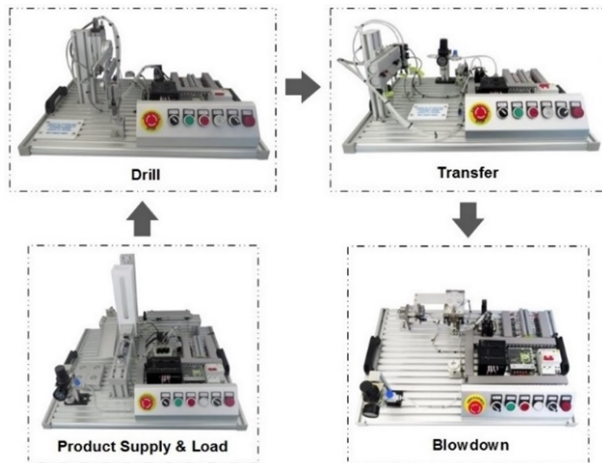
1. Pendahuluan

Sejak awal Maret 2020, COVID-19 telah menyebar ke 216 negara dengan jumlah kasus 130 juta. Virus ini menyebar dengan cepat karena dapat bertahan cukup lama di permukaan benda sehingga menyebabkan

meningkatnya kasus pasien terinfeksi COVID-19. Sebagai langkah antisipasi, maka pada sektor pendidikan diterapkan sistem pembelajaran jarak jauh secara daring, termasuk pembelajaran praktikum yang dilaksanakan di laboratorium.



Gambar 1. PLC Trainer



Gambar 2. Diagram blok proses PLC Trainer

Remote laboratory adalah salah satu metode efektif yang dapat diterapkan pada pembelajaran praktikum secara daring yang memadukan dunia nyata dan dunia maya menggunakan jaringan internet. Dengan adanya remote laboratory ini, maka mahasiswa dapat melaksanakan kegiatan praktikum secara real time dengan posisi peralatan berada di laboratorium. Interaktivitas terjadi melalui media berbasis komputer yang dilengkapi dengan kamera sebagai tampilan visual untuk memantau secara daring kegiatan praktikum di laboratorium [1].

Laboratorium Otomasi Industri merupakan salah satu laboratorium yang terdapat di Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Salah satu perangkat yang rutin digunakan untuk kegiatan praktikum setiap semester di laboratorium tersebut, yaitu, Programmable Logic Controller (PLC) yang merupakan sebuah perangkat elektronika digital yang menggunakan memori sebagai penyimpanan internal dan dapat diprogram untuk mengoperasikan dan mengendalikan proses-proses terutama pada industri manufaktur [2].

Beberapa penelitian terkait penggunaan PLC



Gambar 3. Perancangan perangkat keras remote laboratory

Tabel 1. Alamat perangkat input PLC Trainer

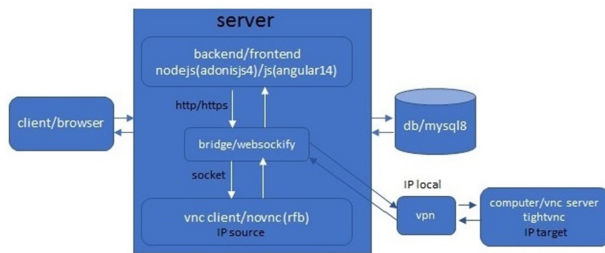
Perangkat input	Alamat
Pushbutton Start	%MX2
Pushbutton Stop	%MX3
Pushbutton Reset	%MX4
Pushbutton Emergency	%MX5
Proximity Supply	%IX0.0.4
Proximity Metal	%IX0.0.5
Reed Supply Forward	%IX0.0.6
Reed Supply Reverse	%IX0.0.7
Reed Drill Reverse	%IX0.0.8
Reed Trans Reverse	%IX0.0.9
Reed Blow Reverse	%IX0.0.10

dengan remote laboratory telah dilakukan. Saygin, dkk telah melakukan penelitian tentang desain dan pengembangan arsitektur sistem PLC berbasis web dengan protokol HTTP yang mendukung remote laboratory [3]. Tasneem, dkk telah melakukan penelitian tentang pengenalan remote laboratory berbasis PLC dengan protokol TeamViewer untuk sistem mekatronika modular [4]. Sanctos, dkk telah melakukan penelitian tentang media pembelajaran PLC berbasis remote laboratory menggunakan jaringan internet dengan protokol TeamViewer [5]. Hambali, dkk telah melakukan penelitian tentang aplikasi dengan desain GUI untuk remote laboratory pada eksperimen PLC [6]. Penelitian-penelitian remote laboratory tersebut tidak dilengkapi dengan sistem manajemen sehingga pada penelitian ini dirancang remote laboratory yang dilengkapi dengan sistem manajemen dan berbasis protokol Virtual Network Computing (VNC).

Dari latar belakang permasalahan di atas, maka pada penelitian ini dibahas mengenai rancang bangun remote laboratory berbasis protokol VNC untuk pembelajaran PLC secara daring. Remote laboratory berupa website remote laboratory untuk admin terdiri dari manajemen pengguna dan manajemen course; dan

Tabel 2. Alamat perangkat output PLC Trainer

Perangkat output	Alamat
Lamp Green	%QX0.1.0
Lamp Yellow	%QX0.1.1
Lamp Red	%QX0.1.2
Pneumatic Supply Forward	%QX0.1.3
Pneumatic Supply Reverse	%QX0.1.4
Pneumatic Drill	%QX0.1.5
Pneumatic Transfer	%QX0.1.6
Pneumatic Blow	%QX0.1.7
Drill	%QX0.1.8
Conveyor	%QX0.1.9



Gambar 4. Perancangan perangkat lunak remote laboratory

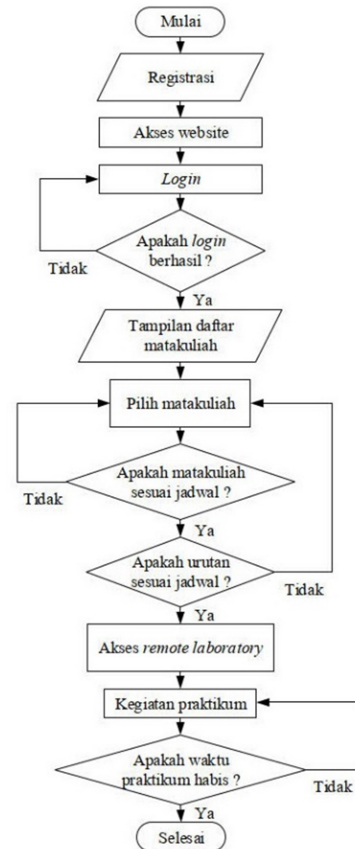
untuk pengguna terdiri dari *login*, *course* dan *jadwal*, urutan pengguna dan *remote desktop* berisi PLC Trainer, XG5000 dan kamera. Protokol VNC digunakan karena memiliki kelebihan fitur dibandingkan aplikasi sejenis lainnya yaitu, dapat dikonfigurasi dengan banyak sistem keamanan, privasi lebih terjaga dan lebih murah [7].

Dengan adanya penelitian ini, maka diharapkan pembelajaran praktikum PLC secara jarak jauh dapat dilaksanakan secara efektif dan fleksibel (tempat, waktu) tanpa harus di laboratorium, dan dapat meminimalisasi biaya pengadaan bahan (perlengkapan) dan operasional alat, serta mengurangi keterbatasan jumlah alat dan mengurangi risiko kerusakan alat yang digunakan saat praktikum [8].

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut,

1. Identifikasi masalah dilakukan terkait dengan pelaksanaan kegiatan praktikum di Laboratorium Otomasi Industri pada masa pandemi COVID-19. Selanjutnya, menentukan tujuan penelitian yang digunakan sebagai acuan dasar dalam penelitian dan melakukan pengumpulan data dari berbagai sumber mengenai *remote laboratory*.
2. Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak *remote laboratory* dibuat sesuai dengan desain



Gambar 5. Diagram alir website remote laboratory

yang telah ditentukan sebelumnya. Perancangan perangkat keras *remote laboratory* berupa PLC Trainer. Perancangan perangkat lunak *remote laboratory* berupa *website remote laboratory* dan ladder diagram PLC Trainer.

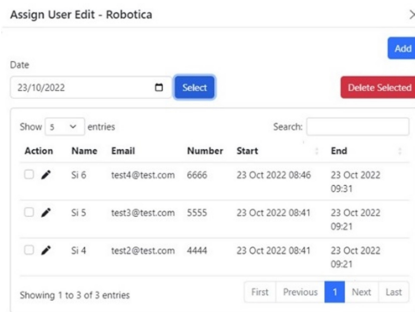
3. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan untuk mengetahui kinerja dan keandalan sistem yang dibuat telah melalui beberapa tahapan pengujian, yaitu pengujian perangkat keras, pengujian perangkat lunak, dan pengujian terintegrasi.
4. Pengujian *remote laboratory* dilakukan dengan menggunakan jaringan internet lokal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya karena terkait faktor keamanan (*security*) dan hanya dapat diakses oleh satu orang pengguna (*user*) saja sesuai jadwal mata kuliah dan urutan pengguna.

Perancangan perangkat keras *remote laboratory* yaitu, PLC Trainer berupa FAT (*Factory Automation Trainer*) module terdiri dari *main structure*, *operating panel* dan *control panel* seperti pada Gambar 1.

Main structure merupakan proses produksi dasar, yang terdiri dari *material supply*, *fabrication*, *transfer & loading*, dan *conveyor*. Perangkat-perangkat pada *main*

Tabel 3. Standar latensi

Kategori	Latensi	Indeks
Kurang	>450 detik	1
Sedang	300 – 450 detik	2
Baik	150 – 300 detik	3
Sangat baik	<150 detik	4



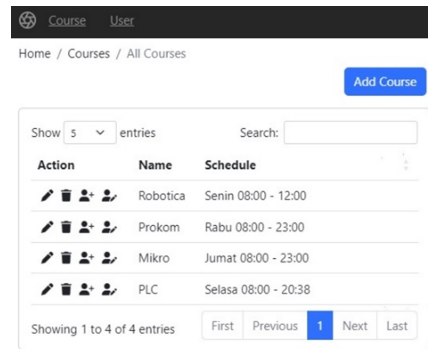
Gambar 6. Pengujian manajemen pengguna

structure, yaitu *magazine*, *pneumatic cylinder*, *sensor proximity*, *electric drill*, *sensor reed switch*, *flow control valve*, *motor DC*, *encoder*, *solenoid valve*, dan indikator status proses yang dipasang pada tempat yang telah disediakan dan saling terhubung dengan pengkabelan sesuai *wiring diagram* yang telah ditentukan.

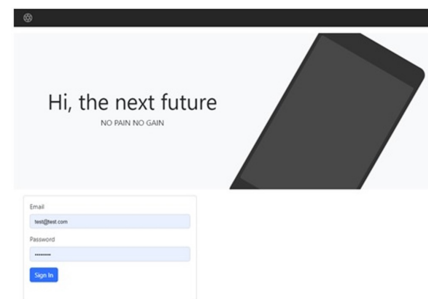
Operating panel berupa diagram blok yang merupakan indikator status proses dari pengoperasian *main structure* secara *real time*. Perangkat-perangkat pada *operating panel*, yaitu indikator status proses *main structure*, kabel komunikasi DB25, dan terminal catu daya DC 24V.

Control panel berfungsi untuk memrogram *main structure*. Perangkat-perangkat pada *control panel*, yaitu PLC LS XGT Series, *speed control*, tombol *Start*, *Stop*, *Reset* dan *Emergency*, kabel komunikasi DB25, terminal catu daya DC 24V, dan terminal I/O. PLC LS XGT Series merupakan PLC tipe modular, yang terdiri dari *power module* XGP-ACF1 (DC 5V/24V), *CPU module* XGI-CPUE 28ns/step, *input module* XGI-D22A 16 points (DC 24V), dan *output module* XGQ-RY2A 16 points (relay).

Sesuai Gambar 2, proses-proses pada PLC Trainer, yaitu *product supply & load*, *drill*, *transfer* dan *blowdown*. *Product supply & load* adalah proses penyediaan dan pemuatan material. Perangkat-perangkat pada *product supply & load*, yaitu material, *pneumatic cylinder*, *sensor proximity*, dan *sensor reed switch*. *Drill* adalah proses pengeboran material. Perangkat-perangkat pada *drill*, yaitu *electric drill*, *pneumatic cylinder*, dan *sensor reed switch*. *Transfer* adalah proses pemindahan material ke *conveyor*. Perangkat-perangkat pada *transfer*, yaitu *pneumatic cylinder* dan *sensor reed switch*. *Blowdown* adalah proses pemilahan bahan material



Gambar 7. Pengujian manajemen course



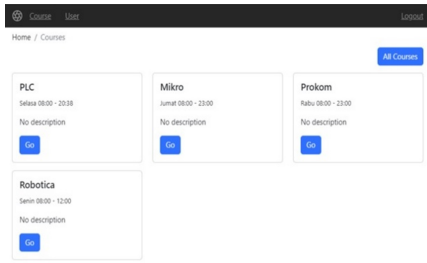
Gambar 8. Pengujian login

(metal/plastik). Perangkat-perangkat pada *blowdown*, yaitu *conveyor*, *pneumatic cylinder*, *sensor proximity*, dan *sensor reed switch* [9, 10].

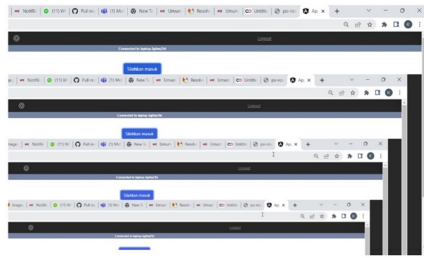
Sesuai Gambar 3, PC server berfungsi sebagai jembatan bagi pengguna *remote laboratory* untuk dapat mengakses PLC Trainer melalui jaringan internet lokal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pada PC server terdapat XG5000 yang merupakan perangkat lunak untuk memrogram PLC LS Series XGB, XGK, XGI, dan XGR dengan bahasa *Ladder Diagram* (LD), *Structure Function Chart* (SFC), *Structure Text* (ST), atau *Function Block* (FB). Kamera yang terhubung dengan PC server digunakan untuk memantau proses atau kinerja PLC Trainer. PC server harus selalu dalam kondisi menyala dan terkoneksi dengan jaringan internet lokal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya [11].

Remote laboratory dirancang menggunakan perangkat lunak Microsoft Visual Studio dengan arsitektur dan protokol VNC yang memiliki fleksibilitas pemakaian luas untuk mengakses atau mengendalikan komputer lain dari jarak jauh melalui jaringan *Local Area Network* (LAN) atau internet. VNC terdiri dari VNC server (PC target), VNC client (PC server) dan VNC protocol (*Remote Frame Buffer* (RFB)) [12].

Perancangan perangkat lunak *remote laboratory* berupa *website remote laboratory* dan *ladder diagram PLC Trainer*. Platform *website remote laboratory* terdiri dari tampilan depan dan belakang (*frontend & backend*), VNC (*client & server*), *websockify* (penghubung), VPN



Gambar 9. Pengujian course



Gambar 10. Pengujian remote desktop

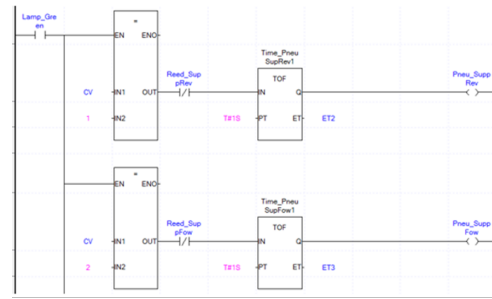
(keamanan) dan MySQL (*database*) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Sesuai Gambar 5, *website remote laboratory* terdiri dari *login*, *course* dan jadwal, urutan pengguna dan *remote desktop*. Pengguna harus melakukan registrasi terlebih dahulu untuk memperoleh akun dari administrator agar dapat melakukan *login*. Untuk dapat mengakses *remote desktop*, maka pengguna harus menunggu sesuai jadwal mata kuliah dan urutan pengguna yang telah ditentukan sebelumnya oleh administrator. Ketika *remote desktop* telah dapat diakses, maka pengguna memiliki waktu selama 45 menit untuk melakukan kegiatan praktikum dan dapat memantau proses atau kinerja PLC *Trainer* yang berada di laboratorium melalui kamera pada *remote desktop*. Apabila waktu kegiatan praktikum telah habis, maka *remote laboratory* secara otomatis akan tertutup. Untuk dapat mengakses *remote desktop* kembali, maka pengguna harus melakukan registrasi kembali sesuai dengan langkah-langkah yang telah disampaikan sebelumnya di atas.

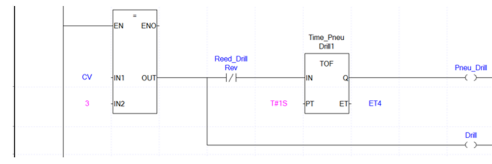
Perangkat *input* dan perangkat *output* pada *main structure PLC Trainer* terhubung dengan modul *Input/Output (I/O) PLC LS XGT series* yang telah ditentukan pengalamatannya seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk saat ini, *remote laboratory* hanya dapat diakses menggunakan jaringan internet lokal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya karena terkait faktor keamanan (*security*) dan hanya dapat diakses oleh satu orang pengguna saja sesuai jadwal mata kuliah dan



Gambar 11. Pengujian ladder diagram product supply & load



Gambar 12. Pengujian ladder diagram drill

urutan pengguna. Tahap-tahap pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 5, yaitu registrasi, akses *website remote laboratory*, *login*, pemilihan mata kuliah, kesesuaian jadwal mata kuliah, urutan pengguna, dan akses *remote desktop*.

Website remote laboratory terdiri dari dua bagian, yaitu bagian manajemen dan bagian pengguna, serta menggunakan basis data (*database*) MySQL sebagai media penyimpanan data. Bagian manajemen *remote laboratory* merupakan bagian pengelola *website remote laboratory* untuk administrator, yang terdiri dari manajemen pengguna yang berfungsi sebagai pengelola pengguna seperti pendaftaran dan penjadwalan; dan manajemen *course* sebagai pengelola mata kuliah dengan tampilan hasil pengujian seperti pada Gambar 6 dan 7.

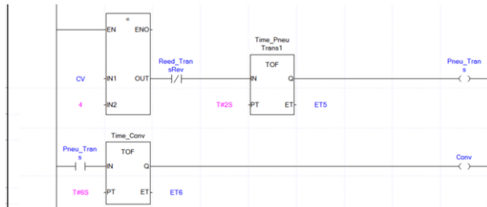
Bagian pengguna *remote laboratory* merupakan bagian mengakses *remote desktop* untuk pengguna, yang terdiri dari *login*, *course* dan *remote desktop* dengan tampilan hasil pengujian seperti pada Gambar 8, 9, dan 10.

Ladder diagram PLC Trainer terdiri dari *product supply & load*, *drill*, *transfer*, dan *blowdown*. Sesuai dengan hasil pengujian pada Gambar 11, *ladder diagram product supply & load* diawali dengan pengecekan ketersediaan material oleh sensor *proximity supply*. Apabila material tersedia, maka *pneumatic cylinder reverse* bekerja mengirimkan material ke proses *drill*. *Pneumatic cylinder reverse* berhenti bekerja jika sensor *reed switch reverse* aktif. Selanjutnya, *pneumatic cylinder forward* bekerja dan akan berhenti bekerja jika sensor *reed switch forward* aktif.

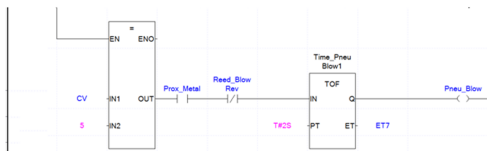
Sesuai dengan hasil pengujian pada Gambar 12, *ladder diagram drill* diawali dengan bekerjanya

Tabel 4. Nilai latensi tampilan *remote laboratory*

Jaringan internet	Komputer server		Komputer client		Latensi (detik)
	Kecepatan upload (Mbps)	Kecepatan download (Mbps)	Kecepatan upload (Mbps)	Kecepatan download (Mbps)	
Kondisi I	3,12	4,83	4,04	4,93	0,89
Kondisi II	2,07	5,98	4,67	5,19	1,73
Kondisi III	4,16	1,97	2,28	2,23	1,02
Kondisi IV	2,35	3,35	1,43	2,98	0,52
Rata-rata	2,93	4,03	3,11	3,83	1,04



Gambar 13. Pengujian *ladder diagram transfer*

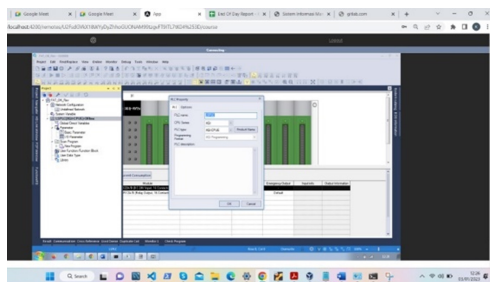


Gambar 14. Pengujian *ladder diagram slowdown*

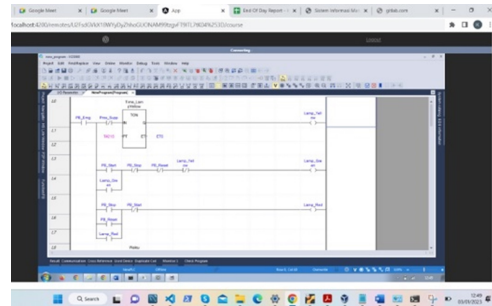
pneumatic cylinder dan *drill* secara bersama-sama. Apabila sensor *reed switch reverse* aktif, maka *pneumatic cylinder* dan *drill* akan berhenti bekerja secara bersama-sama.

Sesuai dengan hasil pengujian pada Gambar 13, *ladder diagram transfer* diawali dengan bekerjanya *pneumatic cylinder* untuk mengirimkan material dari proses *drill* ke proses *conveyor*. Apabila sensor *reed switch reverse* aktif, maka *pneumatic cylinder* berhenti bekerja dan *conveyor* bekerja selama 6 detik.

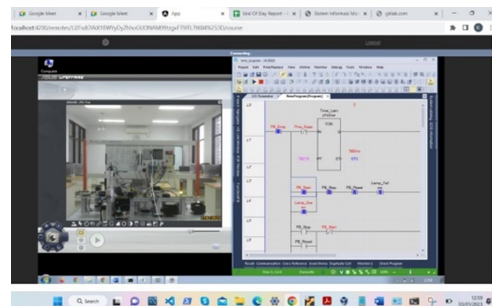
Sesuai dengan hasil pengujian pada Gambar 14, *ladder diagram slowdown* diawali dengan pengecekan bahan material oleh sensor *proximity* logam. Apabila bahan material terbuat dari logam, maka *pneumatic cylinder* bekerja mengirimkan material ke penampungan logam. Apabila sensor *reed switch reverse* aktif, maka



Gambar 15. Pengujian mengonfigurasi *ladder diagram remote desktop*



Gambar 16. Pengujian memrogram *ladder diagram remote desktop*

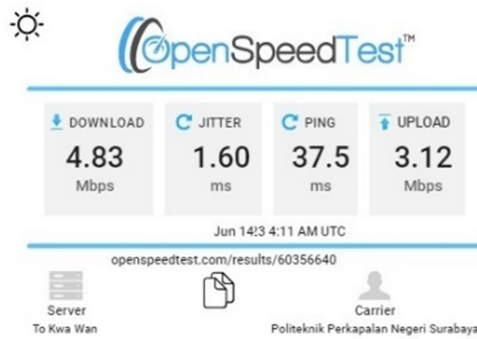


Gambar 17. Pengujian menjalankan dan memantau kinerja PLC *Trainer remote desktop*

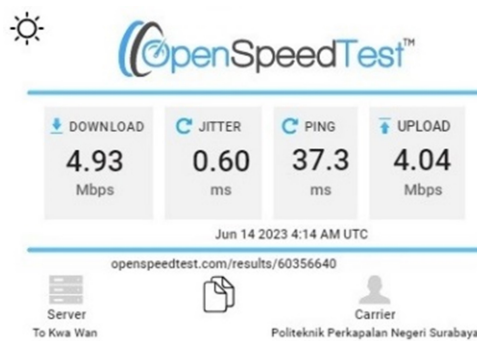
pneumatic cylinder berhenti bekerja. Apabila bahan material terbuat dari plastik, maka *pneumatic cylinder* tidak bekerja.

Kegiatan praktikum yang dapat dilakukan setelah mengakses *remote desktop*, antara lain mengonfigurasi dan memrogram *ladder diagram*, serta menjalankan dan memantau proses atau kinerja PLC *Trainer* melalui kamera dengan tampilan hasil pengujian seperti pada Gambar 15, 16, dan 17.

Kualitas jaringan internet lokal yang digunakan sangat berperan penting agar pengguna dapat mengakses media pembelajaran PLC melalui *remote laboratory*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui latensi *remote laboratory* terhadap empat kondisi yang diukur melalui laman www.OpenSpeedtest.com, seperti pada Gambar 18 dan 19. Latensi adalah total waktu tunda (*delay*) suatu paket data yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Standar latensi menurut Tiphon dirangkum pada Tabel 3 [13].



Gambar 18. Pengujian jaringan internet komputer server



Gambar 19. Pengujian jaringan internet komputer client

Pengujian jaringan internet kondisi I dan kondisi II untuk mengetahui pengaruh perubahan kondisi jaringan internet komputer server. Pengujian jaringan internet kondisi III dan kondisi IV untuk mengetahui pengaruh perubahan kondisi jaringan internet komputer client.

Nilai latensi diperoleh melalui selisih waktu kerja *remote laboratory* yang diukur pada tampilan komputer server dengan waktu kerja *remote laboratory* yang diukur pada tampilan komputer client. Hasil perhitungan latensi pada empat kondisi jaringan internet memiliki rentang 0,52–1,73 detik seperti pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh tahapan *remote laboratory*, yaitu *website remote laboratory* dan *remote desktop* dapat diakses sehingga *remote laboratory* yang telah dirancang mampu bekerja dengan baik. Terdapatnya waktu tunda akibat kondisi jaringan internet yang digunakan pada komputer server memiliki pengaruh pada kinerja atau efektivitas media pembelajaran PLC melalui *remote laboratory* terutama hasil pengambilan gambar oleh kamera sebagai visualisasi tampilan untuk memantau secara daring kegiatan praktikum di laboratorium pada komputer client.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan, yaitu seluruh tahapan pengujian *remote laboratory* mulai dari registrasi, *website remote laboratory*, login, pemilihan mata kuliah, kesesuaian jadwal mata kuliah, urutan pengguna dan *remote desktop* dapat diakses sehingga *remote laboratory* yang telah dirancang mampu bekerja dengan baik. Terdapat waktu tunda sebesar 0,52–1,73 detik dari hasil pengujian empat kondisi jaringan internet terhadap kinerja media pembelajaran PLC melalui *remote laboratory*, terutama hasil pengambilan gambar oleh kamera pada komputer server sebagai visualisasi tampilan untuk memantau secara daring kegiatan praktikum di laboratorium pada komputer client.

Daftar Pustaka

- [1] J. Ma and J. V. Nickerson, "Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review," *ACM Comput. Surv.*, vol. 38, no. 3, p. 7–es, sep 2006. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
- [2] H. T. Frianto, A. Hasibuan, A. R. Rangkuti, F. N. P. Julian, and R. R. Saragi, "Implementasi plc ls xbc dr-30e untuk penanganan dini terhadap gempa," *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [3] C. Saygin and F. Kahraman, "A web-based programmable logic controller laboratory for manufacturing engineering education," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 24, no. 7-8, pp. 590–598, apr 2004. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007%2Fs00170-003-1787-7>
- [4] A. Tasneem, K. R. Prakash, and S. Shankar, "Introduction of plc-based remote laboratory for modular mechatronics system (mms)," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, pp. 2250–2459, Jul. 2012.
- [5] F. O. S. P. Tukan and E. S. Julian, "Media pembelajaran programmable logic controller berbasis remote laboratory menggunakan jaringan internet," *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, pp. 13–28, aug 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.25105%2Fjetri.v15i1.1733>
- [6] M. I. Hambali, E. Haritman, and A. B. Pantjawati, "Design of graphical user interface (gui) for a remote laboratory on programmable logic controller experiments," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 850, no. 1, p. 012005, may 2020. [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/850/1/012005>

- [7] M. Yazdanipour, D. Mahmoudi, A. Yazdanipour, M. Yazdanipour, and A. Mehdipour, "Comprehensive review and selection criteria for virtual network computing technology," in *2012 Ninth International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN)*, 2012, pp. 1–5.
- [8] W.-J. Shyr, "Development and evaluation of mechatronics learning system in a web-based environment," *Turkish Online Journal of Educational Technology*, vol. 10, pp. 89–96, 2011. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:2505326>
- [9] LS Industrial Systems Co., Ltd., *XGI CPU Module*, v1.8 ed., Gyeonggi-do, Korea, 2014.
- [10] Ed Co., Ltd., *Factory Automation Trainer*, v1.0 ed., Kangwon, Korea, 2014.
- [11] LS Industrial Systems Co., Ltd., *XG5000*, v1.0 ed., Gyeonggi-do, Korea, 2006.
- [12] Y. Ariyanto, "Implementasi remote desktop komputer menggunakan virtual network computing (vnc) server dan vnc viewer berbasis android," *Sentia*, vol. 7, pp. 18–23, 2018.
- [13] J. Sudarsono, G. Sukadarmika, and linawati linawati, "Rancang bangun alat ukur kualitas jaringan berbasis raspberry pi 3 model b," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 20, no. 1, pp. 53–60, 2021. [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jte/article/view/69087>