

Implementasi Variable Frequency Drive dan Komunikasi Modbus RTU RS-485 untuk Pengendalian Kecepatan Motor Induksi

Oleh:

Ibnu Mas'ud

Izza Anshory

Progam Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Juni, 2025



Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan dalam industri karena daya tahan dan efisiensinya, namun pengendalian kecepatannya masih menjadi tantangan. Solusi umum adalah penggunaan inverter (VFD) yang mengatur frekuensi input motor. Seiring kemajuan teknologi, sistem otomasi industri kini semakin kompleks dan efisien dengan bantuan komunikasi data seperti Modbus RTU, yang menyederhanakan pengkabelan dan proses pemantauan.

Penelitian ini mengusulkan sistem kendali motor berbasis PLC LS XBM-DR16S dan inverter LS G100 tanpa modul tambahan, memanfaatkan protokol Modbus RTU melalui RS-485. Pendekatan ini menekan biaya dan menyederhanakan implementasi sistem kendali industri skala kecil-menengah. Dibandingkan sistem sebelumnya yang membutuhkan banyak komponen dan modul eksternal, sistem ini lebih efisien.

Pendahuluan

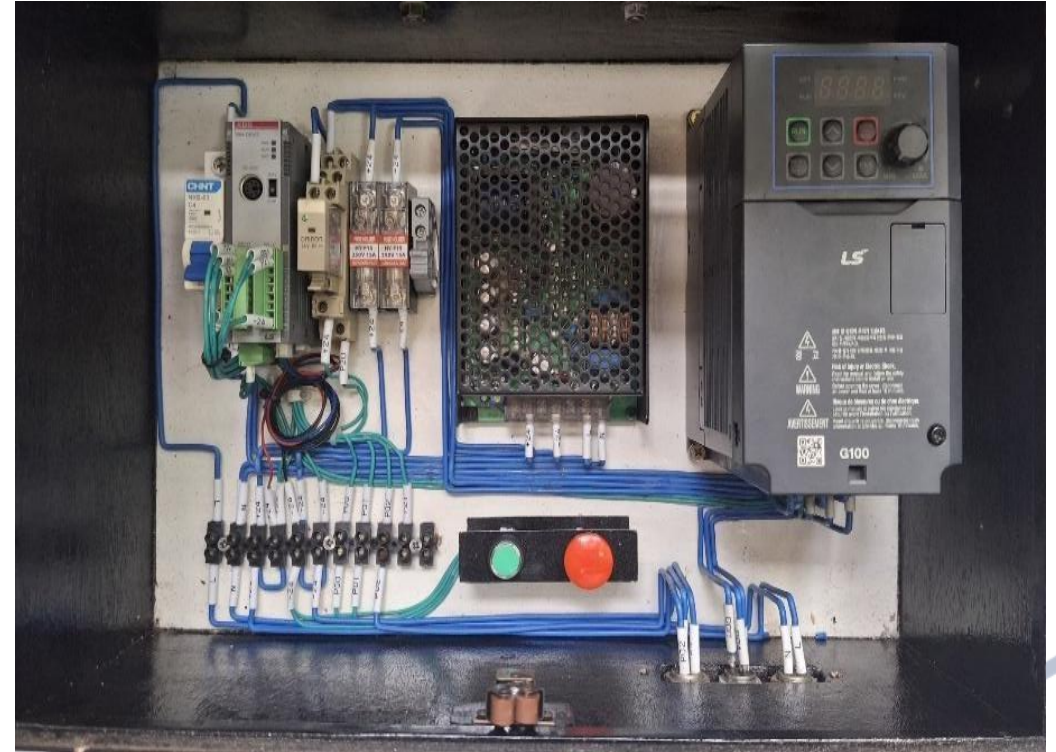
PLC memiliki peran sentral dalam sistem otomasi karena fleksibilitas dan kemampuannya dalam memantau serta mengendalikan perangkat industri secara real-time. Inverter LS G100 juga mendukung protokol komunikasi ini, memungkinkan pengendalian kecepatan motor induksi dengan pengamatan parameter seperti arus, tegangan, dan frekuensi dalam rentang 100–1000 RPM. Sistem ini sangat relevan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan proses otomasi di berbagai sektor industri.

Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode rekayasa dan eksperimental, yang menggabungkan proses perancangan teknis dengan pengujian kinerja sistem. Tahap rekayasa meliputi analisis kebutuhan, perancangan Alat , serta implementasi keseluruhan sistem, sementara pengujian eksperimental dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang dirancang. Penelitian rekayasa ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem Modbus RTU RS-485, menggunakan PLC LS XBM-DR16S sebagai master dan inverter G100 sebagai slave untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi. Kombinasi kedua metode ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan operasional, tetapi juga memberikan kinerja yang andal dan optimal dalam mengendalikan kecepatan motor.

Perancangan sistem

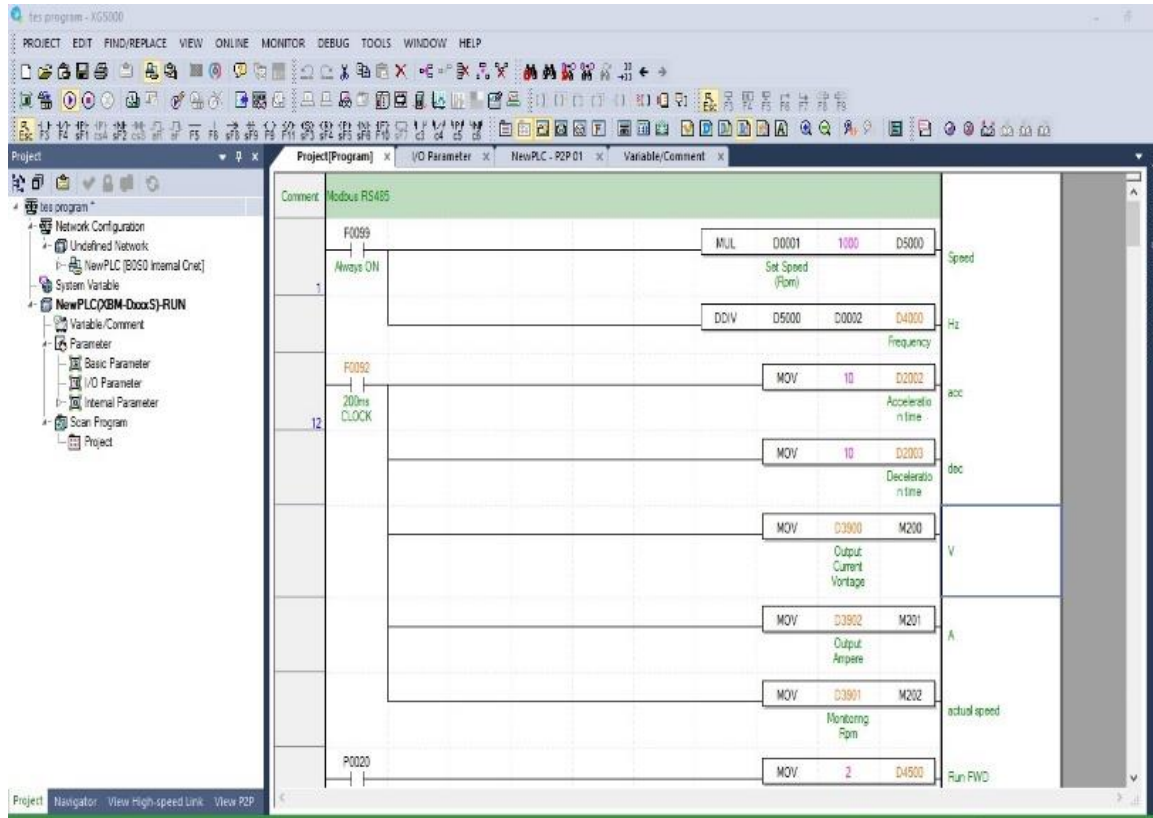
Sistem ini menggabungkan PLC LS XBM-DR16S dan inverter LS G100 melalui Modbus RTU RS-485 tanpa papan ekspansi tambahan, dengan fokus pada efisiensi biaya dan kesederhanaan pengkabelan. Tujuannya adalah menyederhanakan implementasi, meminimalkan gangguan, dan meningkatkan keandalan sistem. Penelitian ini menggunakan berbagai komponen pendukung seperti MCB, relay, sensor, kabel, dan software XG5000 untuk merancang dan menguji sistem kendali kecepatan motor induksi tiga fasa.



Mekanisme Modbus RS-485

Mekanisme komunikasi Modbus RTU RS-485 beroperasi berdasarkan konsep master-slave, di mana perangkat master, seperti PLC LS XBM-DR16S, memulai komunikasi dengan mengirimkan permintaan data atau instruksi ke perangkat slave, seperti inverter LS G100. Komunikasi ini terjadi melalui jalur komunikasi serial RS-485, yang menggunakan dua kabel utama (S+ dan S-) untuk mentransmisikan data secara diferensial. Setiap perangkat slave memiliki alamat, dan hanya perangkat dengan alamat yang sesuai yang akan merespons permintaan dari master [25]. Protokol Modbus RTU mengirimkan data dalam bentuk frame, yang terdiri dari alamat perangkat, kode fungsi, data, dan CRC (Cyclic Redundancy Check) untuk validasi integritas data. Semua komunikasi dilakukan secara sinkron dan berurutan, sehingga memastikan pertukaran data yang efisien dan andal antara perangkat-perangkat dalam jaringan.

Ledder Program Plc



test program - XG5000

PROJECT EDIT FIND/REPLACE VIEW ONLINE MONITOR DEBUG TOOLS WINDOW HELP

Project[Program] x I/O Parameter x NewPLC - P2P 01 x Variable/Comment x

Index	Channel	Driver Setting	P2P function	Conditional flag	Command type	Data Type	No. of variables	Data size	Destination station	Destination station number	Frame	Setting	Variable setting contents
0	2	Modbus RTU client	WRITE	_T200MS	1. Single	WORD	1		☒	1		Setting	Number:1 READ1:D4000,SAVE1:D40004
1	2	Modbus RTU client	WRITE	_T200MS	1. Single	WORD	1		☒	1		Setting	Number:1 READ1:D4900,SAVE1:D40005
2	2	Modbus RTU client	WRITE	_T200MS	2. Continuous	WORD	1	2	☒	1		Setting	Number:1 READ1:D2002,SAVE1:D40006
3												Setting	
4	2	Modbus RTU client	READ	_T200MS	1. Single	WORD	1		☒	1		Setting	Number:1 READ1:D40004,SAVE1:D3900
5	2	Modbus RTU client	READ	_T200MS	1. Single	WORD	1		☒	1		Setting	Number:1 READ1:D40014,SAVE1:D3901
6	2	Modbus RTU client	READ	_T200MS	1. Single	WORD	1		☒	1		Setting	Number:1 READ1:D40008,SAVE1:D3902
7												Setting	
8												Setting	
9												Setting	
10												Setting	
11												Setting	
12												Setting	
13												Setting	
14												Setting	
15												Setting	
16												Setting	
17												Setting	
18												Setting	

Hasil

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menilai akurasi dan keandalan sistem, serta kesesuaiannya dengan prinsip kerja motor induksi dan tujuan implementasi yang diinginkan. Pengujian meliputi pengukuran kecepatan putar aktual (RPM) dibandingkan dengan nilai kecepatan yang disetel mulai dari 100 hingga 1000 RPM, serta pengukuran frekuensi operasi motor, tegangan output, dan arus output.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan untuk memperjelas ruang lingkup sistem yang diimplementasikan. Sistem diuji hanya pada motor induksi tiga fasa dengan daya 180W dan tegangan 3 fasa 220V, menggunakan PLC LS XBM-DR16S sebagai master dan inverter LS G100 sebagai slave, tanpa modul komunikasi tambahan. Komunikasi antar perangkat dilakukan melalui protokol Modbus RTU menggunakan RS-485. Parameter yang dikendalikan dan dipantau meliputi kecepatan motor (RPM), frekuensi, tegangan output, dan arus listrik, tanpa mempertimbangkan parameter lain seperti suhu atau torsi. Pengujian dilakukan dalam kondisi tanpa beban, sehingga hasilnya tidak menggambarkan kinerja motor saat bekerja dengan beban.

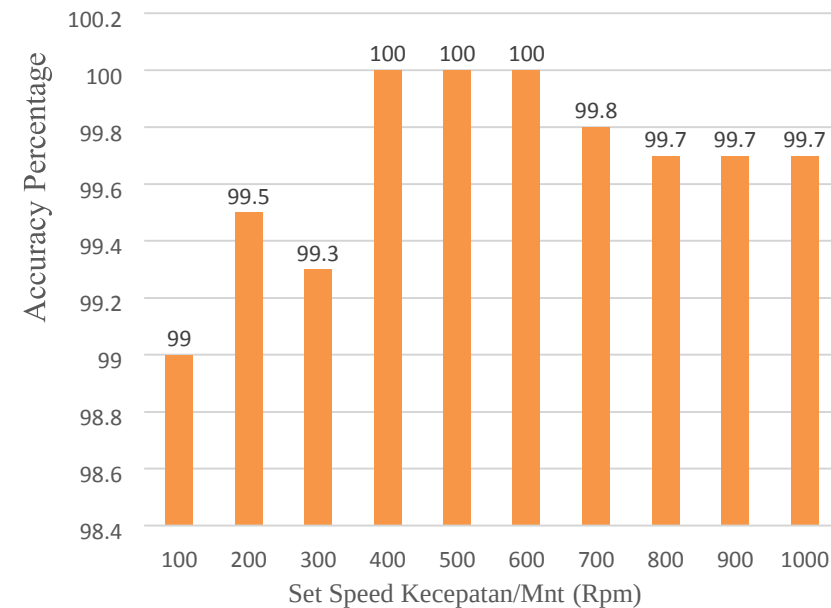
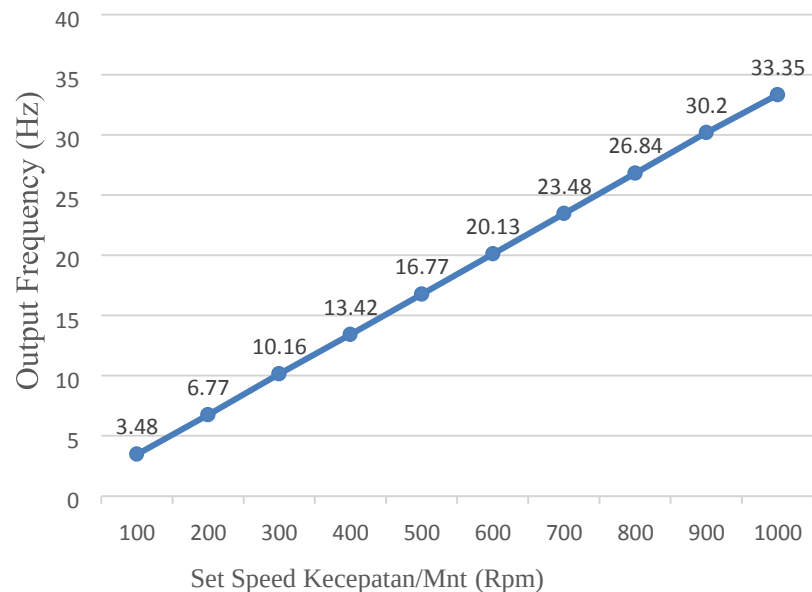
Pengukuran RPM Aktual dan Frekuensi Motor Induksi

hasil pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa pada titik setel yang berkisar antara 100 hingga 1000 RPM. Data tersebut mencakup kecepatan aktual yang dicatat oleh takometer, persentase slip, akurasi pengendalian kecepatan, dan frekuensi output dari inverter. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem dalam mengendalikan kecepatan motor secara real-time.

No	Kecepatan/mnt	Takometer	Slip (%)	Akurasi (%)	Frequency (Hz)
1	100	101	1	99	3,48
2	200	201	0,5	99,5	6,77
3	300	302	0,6	99,3	10,16
4	400	400	0	100	13,42
5	500	500	0	100	16,77
6	600	600	0	100	20,13
7	700	701	0,1	99,8	23,48
8	800	802	0,2	99,7	26,84
9	900	902	0,2	99,7	30,20
10	1000	1002	0,2	99,7	33,35

Grafik Output Frekuensi dan akurasi

Pengujian menunjukkan bahwa peningkatan RPM motor diikuti oleh peningkatan frekuensi output VFD, sesuai dengan karakteristik motor induksi. Sistem berhasil mengontrol kecepatan dengan akurasi rata-rata 99,6%, menunjukkan presisi tinggi dan keandalan dalam aplikasi otomasi industri yang membutuhkan kontrol kecepatan yang tepat



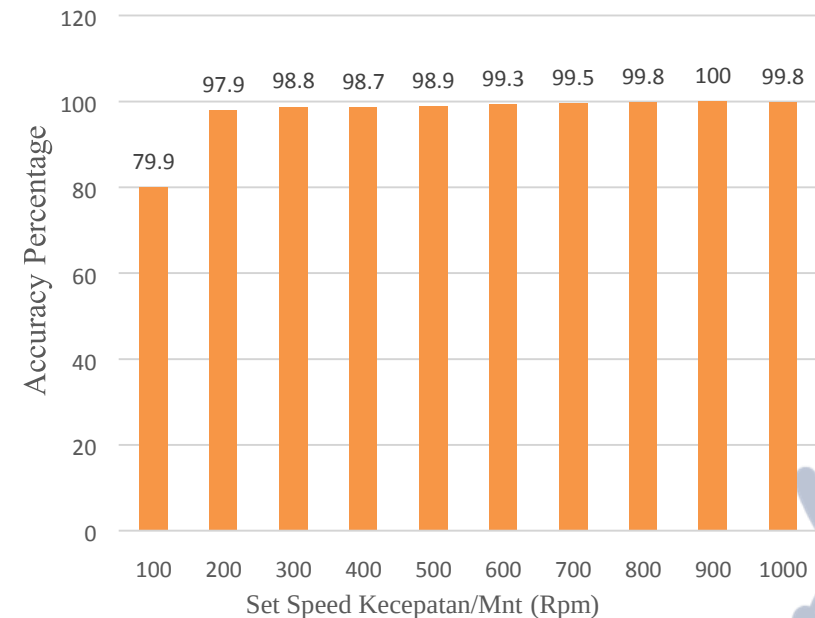
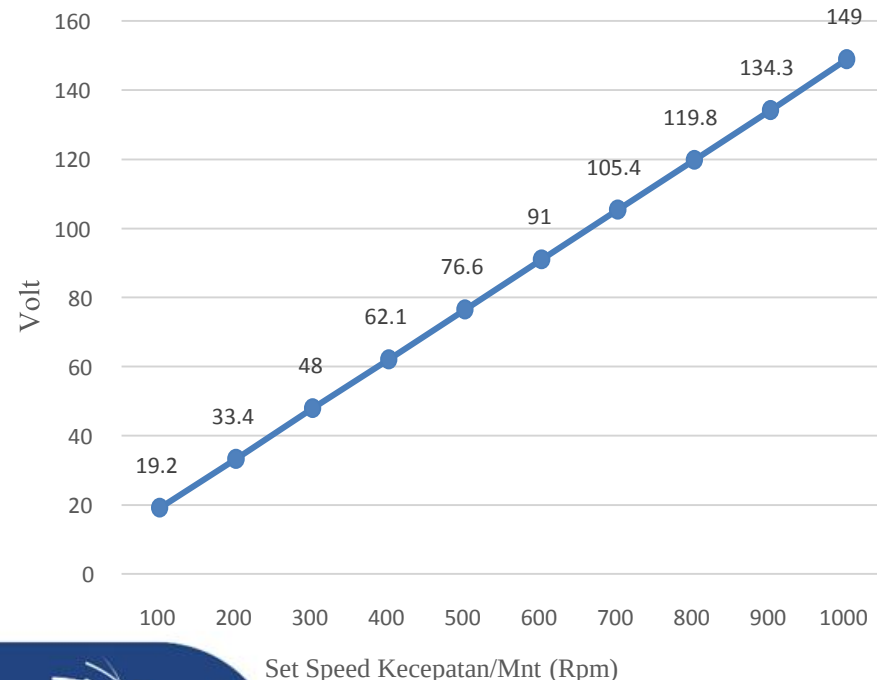
Pengukuran Output Voltage

- Hasil Pengukuran Output Voltage

No	Kecepatan /mnt	Pengukuran VFD (volt)					Rata-Rata	Multi meter	Akurasi (%)
		1	2	3	4	5			
1	100	19,2	19,2	19,3	19,2	19,2	19,2	23,1	79,9
2	200	33,4	33,4	33,4	33,5	33,5	33,4	32,7	97,9
3	300	48	48,1	48	48	47,9	48	47,2	98,8
4	400	62,1	62,1	62,1	62,2	62	62,1	61,3	98,7
5	500	76,5	76,6	76,8	76,6	76,6	76,6	75,7	98,9
6	600	90,9	91,1	90,9	91,2	91	91	90,4	99,3
7	700	105,3	105,5	105,5	105,4	105,3	105,4	104,9	99,5
8	800	119,9	119,8	119,8	119,8	119,9	119,8	119,6	99,8
9	900	134,3	134,3	134,2	134,2	134,5	134,3	134,3	100
10	1000	148,9	149,2	149,3	149	148,8	149	149,2	99,8

Grafik Pengukuran Output Voltage dan Akurasi

Pengujian menunjukkan bahwa tegangan output motor meningkat seiring dengan frekuensi secara linear, sesuai prinsip V/f konstan. Sistem mencapai akurasi pemantauan tegangan sebesar 97,2%, membuktikan bahwa pemantauan melalui program PLC sangat presisi dan andal untuk kontrol dan pengawasan proses secara real-time.



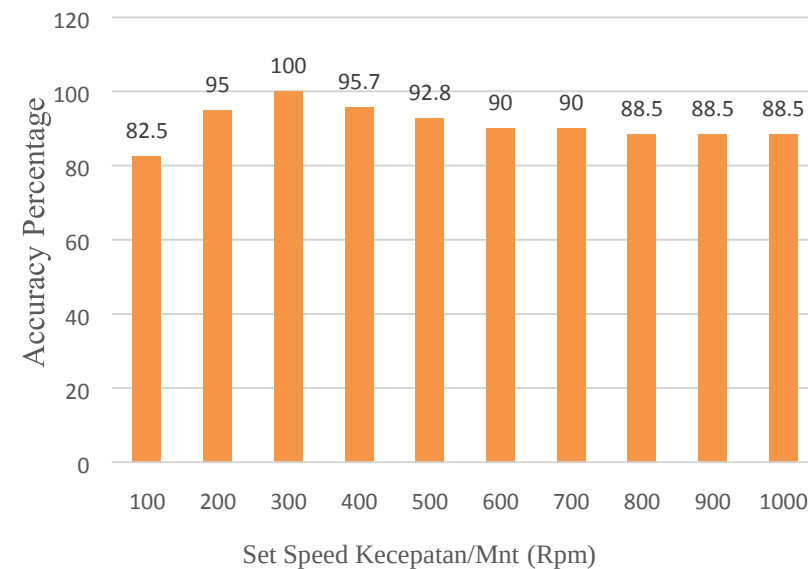
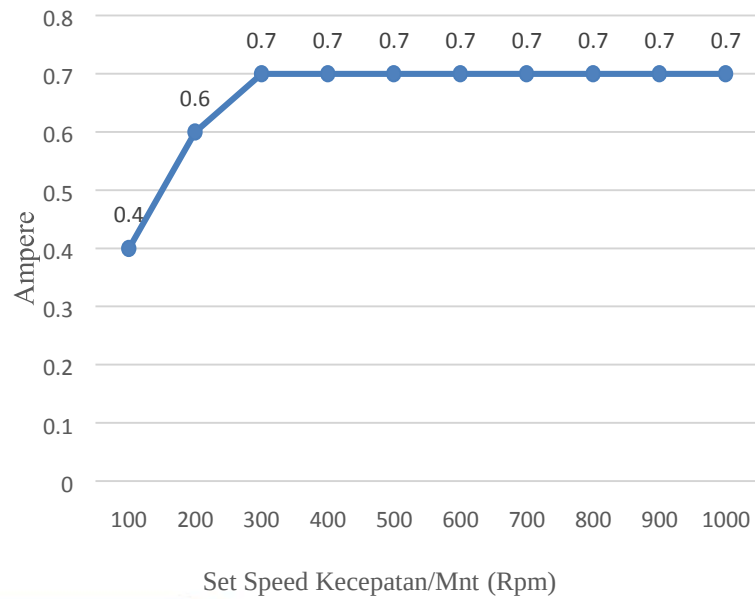
Pengukuran Output Current

- Hasil Pengukuran Output Current

No	Kecepatan/ Mnt	Pengukuran VFD (Ampere)					Rata-Rata	Multi meter	Akurasi (%)
		1	2	3	4	5			
1	100	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,47	82,5
2	200	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,63	95
3	300	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	100
4	400	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,73	95,7
5	500	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,75	92,8
6	600	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,77	90
7	700	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,77	90
8	800	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,78	88,5
9	900	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,78	88,5
10	1000	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,78	88,5

Grafik Pengukuran Output Current dan akurasi

- Pengujian arus tanpa beban menunjukkan peningkatan arus seiring naiknya kecepatan motor, akibat peningkatan frekuensi dan tegangan dari VFD. Meskipun pembacaan arus sedikit dipengaruhi oleh pembulatan nilai, sistem pemantauan arus melalui PLC menunjukkan akurasi rata-rata 91,1%, cukup tinggi dan masih dalam batas toleransi, sehingga dinilai akurat dan andal.



Kesimpulan

- Penelitian ini berhasil merancang sistem pengendalian kecepatan motor induksi tiga fasa menggunakan PLC LS XBM-DR16S dan inverter LS G100 yang terhubung melalui komunikasi Modbus RTU RS-485 tanpa modul tambahan. Sistem ini efektif, hemat biaya, dan mudah diterapkan. Pemantauan parameter motor seperti RPM, tegangan, frekuensi, dan arus dilakukan secara real time dengan tingkat akurasi tinggi: 99,6% untuk RPM, 97,2% untuk tegangan, dan 91,1% untuk arus. Sistem terbukti akurat, stabil, dan andal untuk otomasi industri skala kecil hingga menengah, serta meningkatkan efisiensi melalui wiring yang lebih sederhana dan kemudahan troubleshooting

Referensi

- I. Anshory, Jamaaluddin, and A. Wisaksono, *Buku Ajar Dasar Konversi Energi*. UMSIDA Press, 2022. [Online]. Available: <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/view/978-623-464-0403/1143>
- A. K. Pratama, E. Zondra, and H. Yuvendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan," vol. 5, no. 1, pp. 35–43, 2020.
- S. Nuari and E. Zondra, "ANALISIS STARTING MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC," vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2018.
- Y. Pranata, T. Arfianto, and N. Taryana, "Analisis Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Inverter 3 Fasa," vol. 4, no. 2, 2018.
- T. Tosin, "Perancangan dan Implementasi Komunikasi RS-485 Menggunakan Protokol Modbus RTU dan Modbus TCP Pada Sistem Pick-By-Light," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 85–91, 2021, doi: 10.34010/komputika.v10i1.3557.
- I. K. Anaam, T. Hidayat, R. Y. Pranata, H. Abdillah, A. Yhuto, and W. Putra, "Vocational Education National Seminar (VENS) Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri," pp. 46–50, 2022.
- M. Budiyo, K. Prisdha, and O. Sihombing, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER ZELIO SOFT2 PADA PROSES OTOMASI INDUSTRI," vol. 1, no. 1, pp. 63–67, 2023.
- M. Nurtanto, H. Sofyan, P. Pardjono, and S. Suyitno, "Development model for competency improvement and national vocational qualification support frames in automotive technology," vol. 9, no. 1, pp. 168–176, 2020, doi: 10.11591/ijere.v9i1.20447.
- W. Witrius and S. Karim, "Desain Monitoring Dan Kontrol Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Protokol Komunikasi Modbus RTU," *J. EEICT (Electric Electron. Instrum. Control Telecommun.*, vol. 6, no. 2, pp. 26–30, 2023, doi: 10.31602/eeict.v6i2.12934.
- M. Rifa'i, A. Suprajitno, and D. Nugroho, "Implementasi Komunikasi Data Pada Sitem Kendali Motor Induksi Tiga Fasa," *Pros. Konf. Ilm. Mhs. Unissula Klaster Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 100–106, 2020.

Referensi

- A. Wisaksono, *Buku Ajar Mata Kuliah Pengantar Manajemen Ekonomi Teknik*. UMSIDA Press, 2022. [Online]. Available: <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/view/1299>
- M. R. Usman, "Pengantar PLC," no. November, 2022.
- A. Nurhadi, M. jas. Afroni, and B. dwi sulo, "ini dan adanya umpan balik dari output generator yang masuk ke PLC akan menghasilkan kecepatan generator yang stabil meskipun daya yang dibutuhkan menggunakan program aritmatika . Kemudian nilai dari hasil pengolahan data akan dirubah menjadi sinyal dan a," pp. 10–17, 2019.
- A. Saputra, A. Wahyu, F. Rahman, and P. E. Amplifier, "Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana SISTEM KOREKSI OTOMATIS PADA MESIN PACKAGING DENGAN PENGENDALI PLC Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana," vol. 8, no. 1, pp. 54–57, 2017.
- D. Ajudin, "Pengenaln dasar PLC (Programmable Logic Controllers)," *Wordpress.Com*, no. December, pp. 0–6, 2015.
- A. Supardi, I. Setiyoko, and M. Saifurrohman, "EMITOR : Jurnal Teknik Elektro Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi Berbasis Programmable Logic Controller".
- A. Anton and T. Angraini, "Unjuk Kerja Dan Pemanfaatan Inverter Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa," *Elektron J. Ilm.*, vol. 5, no. 2, pp. 87–92, 2013, doi: 10.30630/eji.5.2.59.
- E. S. Nasution and A. Hasibuan, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P," vol. 2, no. 1, pp. 25–34, 2018.
- R. A. Rangkuti and E. Zondra, "STUDI PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)," vol. 14, no. April, pp. 121–128, 2020.
- Nurpadmi, "FORUM TEKNOLOGI Vol. 01 No. 2," vol. 01, no. 2.

Referensi

- I. Anshory, A. Wisaksono, J. Jamaaluddin, and A. Fudholi, "Implementation of ARM STM32F4 microcontroller for speed control of BLDC motor based on bat algorithm," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 15, no. 1, pp. 127–135, 2024, doi: 10.11591/ijpeds.v15.i1.pp127-135.
- L. Yuwanto, "Pengantar metode penelitian eksperimen," p. 354, 2018.
- J. Jamaaluddin, I. Anshory, and S. D. Ayuni, "Analysis of Overcurrent Safety in Miniature Circuit Breaker with Alternating Current," vol. 5, no. 2, pp. 68–73, 2021.
- J. Jamaaluddin and S. Sumarno, "Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan," *IEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2017, doi: 10.21070/jeee-u.v1i1.375.
- F. X. Ariwibisono and W. P. Muljanto, "Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi PLTS Berbasis Protokol," vol. 17, pp. 109–118, 2023.
- X. G. T. Series, *XGT Series*. 2006. [Online]. Available: [https://www.lselectric.com/upload/customer/download/631/XG5000\(080812\).pdf](https://www.lselectric.com/upload/customer/download/631/XG5000(080812).pdf)
- L. LS ELECTRIC Co., "LSLV-G100-ins-EN." [Online]. Available: <https://www.tme.com/Document/b0e3894a8e33eaf97a12153a77f8c868/LSLV-G100-INS-EN.pdf>
- L. LS ELECTRIC Co., "XBM-DN16S,DN32S,dr16s." [Online]. Available: <https://www.otomasyononline.com/download/LSLG/XBM-DN16S,DN32S,DR16S.pdf>
- K. Santosa and A. NurRachman, "RANCANG BANGUN SISTEM PANTAU TEMPERATUR PADA MODEL SUNKUP PLTN DENGAN PLC XBM-DR16S," pp. 123–129, 2011.
- J. Lai, X. Lu, F. Wang, and P. Dehghanian, "Fully-Distributed Gossip Control for Voltage Regulation of Inverter-based DRs in P2P Microgrids".

