

Rancang Bangun Purwarupa Kontrol dan *Monitoring* Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Aplikasi SCADA *Haiwell Cloud*

Rahmat*, Hasan, Rianda

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Pontianak

*Koresponden email: angghifairuz@gmail.com

Diterima: 13 Juli 2025

Disetujui: 23 Juli 2025

Abstract

An induction motor that does not operate stably can lead to various issues, such as rotational speed fluctuations that may shorten the motor's lifespan. To address this problem, a system capable of effective monitoring and control is required. One potential solution is a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system, which has proven to enhance the efficiency and reliability of induction motor operations. This study aims to design and develop a prototype system for controlling and monitoring the speed of an induction motor using the Haiwell Cloud SCADA application. The system features real-time monitoring to detect potential disturbances at an early stage, as well as control functions to adjust the motor speed as needed. The research methodology employs a qualitative approach with an experimental method that includes system design, implementation, and testing. The prototype consists of hardware components such as a PLC and an optical sensor for measuring RPM, as well as software based on an HMI (Human-Machine Interface) integrated with the Haiwell Cloud SCADA. The test results indicate that the system is reliable in accurately and efficiently monitoring and controlling motor speed through a cloud-based interface.

Keywords: *induction motor, scada, haiwell cloud, hmi*

Abstrak

Motor induksi yang tidak beroperasi secara stabil dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti fluktuasi kecepatan putar yang berisiko memperpendek umur motor. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan sistem yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian secara efektif. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), yang terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional motor induksi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *purwarupa* sistem kendali dan pemantauan kecepatan motor induksi menggunakan aplikasi SCADA *Haiwell Cloud*. Sistem ini memiliki fitur pemantauan waktu nyata guna mendeteksi potensi gangguan sejak dini, serta fungsi kendali untuk mengatur kecepatan motor sesuai kebutuhan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan metode eksperimental yang mencakup perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. *Purwarupa* mencakup perangkat keras seperti PLC dan sensor optik untuk pengukuran RPM, serta perangkat lunak berbasis HMI (*Human-Machine Interface*) yang terintegrasi dengan SCADA *Haiwell Cloud*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini andal dalam memantau dan mengendalikan kecepatan motor secara akurat dan efisien melalui antarmuka *cloud*.

Kata Kunci: *motor induksi, scada, haiwell cloud, hmi*

1. Pendahuluan

Motor induksi merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan dalam industri karena kesederhanaannya, keandalannya, dan biaya perawatannya yang relatif rendah [1]. Motor induksi telah menjadi tulang punggung dalam sistem penggerak industri karena kemampuannya dalam mentransformasikan energi listrik menjadi energi mekanik secara efisien dan andal. Lebih dari 85% beban mekanik dalam industri menggunakan motor induksi karena biaya operasi yang rendah, keandalan tinggi, dan kemudahan dalam pemeliharaan [2]. Meski demikian, fluktuasi beban dan tegangan masukan dapat memengaruhi kestabilan kecepatan putaran motor. Ketidakteraturan ini bukan hanya menurunkan efisiensi energi, tetapi juga mempercepat keausan komponen sistem [3]. Untuk menjaga performa optimal, diperlukan sistem pengendalian kecepatan motor yang presisi dan adaptif terhadap perubahan kondisi operasi. Salah satu solusi utama adalah penggunaan *Variable Frequency Drive (VFD)*, yang telah terbukti efektif dalam mengatur kecepatan motor dengan cara mengatur frekuensi dan tegangan yang diberikan ke motor [4].

Kontrol yang baik tidak cukup tanpa pemantauan yang andal. Oleh karena itu, teknologi *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)* dikembangkan untuk memberikan kemampuan *monitoring* dan kendali jarak jauh secara *real-time* [5]. Dalam beberapa tahun terakhir, *SCADA* berbasis *cloud* semakin populer karena memungkinkan akses dari berbagai perangkat tanpa keterbatasan lokasi, mendukung *Internet of Things (IoT)*, serta memiliki skalabilitas tinggi [6]. Aplikasi *SCADA* berbasis *cloud* seperti *Haiwell Cloud SCADA* menyediakan solusi hemat biaya bagi industri berskala kecil hingga menengah yang membutuhkan pemantauan dan kontrol sistem dari jarak jauh [7]. Integrasi antara *PLC*, sensor, dan *SCADA cloud* memungkinkan pengelolaan sistem menjadi lebih responsif dan adaptif terhadap kebutuhan operasional.

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk merancang sistem kontrol dan monitoring kecepatan motor induksi dalam skenario penggunaan pada sistem pompa air, seperti pengaplikasian pada pompa, di mana tekanan dan debit air merupakan parameter yang sangat krusial. Sistem ini dirancang untuk membaca parameter tekanan dan aliran air, mengatur kecepatan motor sesuai kebutuhan, serta memvisualisasikan dan menyimpan data melalui platform *Haiwell Cloud*. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan [8], yang menekankan pentingnya pengendalian motor berbasis tekanan dan debit dalam sistem irigasi presisi. Selain itu, penggunaan *SCADA* berbasis *cloud* dalam sistem pengelolaan air berskala kecil hingga menengah telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional serta memungkinkan pemantauan jarak jauh yang lebih andal [9]. Pengendalian motor berbasis parameter proses seperti tekanan dan aliran yang menunjukkan peningkatan efisiensi energi serta penurunan tingkat kerusakan sistem pompa dalam jangka panjang [10].

Beberapa penelitian terbaru yang relevan dengan topik ini antara lain. Penelitian pertama, memanfaatkan sensor arus *ACS712* dan aplikasi *Blynk* untuk menampilkan data arus secara *real-time* melalui ponsel, dengan respons kurang dari satu detik [11]. Penelitian kedua, mengontrol kecepatan motor melalui *Variable Frequency Drive (VFD)* dan antarmuka web berbasis *ESP32*, yang terbukti akurat dan stabil [12]. Sementara penelitian ketiga, menggunakan sensor *Hall effect* dan *PZEM-004T* untuk memantau kecepatan, arus, dan tegangan motor, dengan notifikasi otomatis jika terjadi beban berlebih [13]. Ketiga sistem menunjukkan hasil yang efektif dan sejalan dengan konsep pemantauan berbasis *cloud* seperti *SCADA Haiwell*.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem kontrol dan monitoring motor induksi berbasis *IoT*, sebagian besar masih menggunakan platform sederhana seperti *Blynk*, *Thingspeak*, atau antarmuka web yang terbatas pada fitur dasar dan kurang sesuai untuk kebutuhan industri [11], [13]. Sistem tersebut umumnya hanya mencakup fungsi monitoring tanpa integrasi penuh dengan *Human-Machine Interface (HMI)* atau sistem penyimpanan data historis yang andal. Selain itu, penelitian terkait kontrol motor induksi yang menggunakan aplikasi *SCADA* berbasis *cloud* seperti *Haiwell Cloud* masih sangat terbatas di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah purwarupa yang menggabungkan kontrol kecepatan motor induksi melalui *Variable Frequency Drive (VFD)* dan monitoring berbasis *Haiwell Cloud SCADA*, sebagai solusi yang lebih profesional, efisien, dan sesuai dengan standar industri saat ini.

Penelitian ini hadir untuk menjawab kesenjangan tersebut dengan merancang dan membangun sistem kendali dan *monitoring* kecepatan motor induksi berbasis *Haiwell Cloud SCADA* yang dioptimalkan untuk sistem pompa air. Dengan memanfaatkan sensor tekanan dan *flow meter*, sistem ini mampu menyesuaikan kecepatan motor secara otomatis berdasarkan parameter proses yang dibaca secara *real-time*. Seluruh data proses divisualisasikan dan disimpan melalui platform *Haiwell Cloud*, memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pengambilan keputusan berbasis data. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung efisiensi energi dan keandalan sistem pada industri berskala kecil hingga menengah.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental yang terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu perancangan sistem, pengujian sistem, dan analisis hasil pengujian [14], [15].

2.2 Perancangan Sistem

Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol dan pemantauan kecepatan motor induksi berbasis *SCADA Haiwell Cloud*. Sistem dirancang untuk membaca parameter operasional secara waktu nyata, seperti tekanan, debit air, dan kecepatan putaran motor, serta mengatur kecepatan motor secara otomatis

melalui VFD (*Variable Frequency Drive*) yang dikendalikan oleh PLC (*Programmable Logic Controller*) [16].

2.2.1 Rancangan Diagram Blok

Diagram blok sistem menunjukkan alur data dari sensor menuju PLC, dilanjutkan ke VFD sebagai aktuator, dan ke HMI sebagai antarmuka pengguna. Komponen utama terdiri dari sensor tekanan, sensor debit air, sensor optik, PLC Haiwell AT120MT, VFD, dan HMI Haiwell C7S. Integrasi sistem ini menggunakan protokol Modbus TCP/IP [17].

2.2.2 Penentuan Spesifikasi Alat dan Bahan Mesin

1. Rancangan PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC ini memiliki 24 *digital input*, 16 *digital output*, serta 2 *analog input*, dan mendukung komunikasi RS485 dan Ethernet [18]. Perangkat ini berfungsi sebagai pusat kontrol logika sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. PLC Tipe AT120MT / Transistor Out

Nama	PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)
Merek	Haiwel
Tipe	AT120MT / Transistor Out
Material	Plastik ABS
Warna	Putih Hitam
Input/Output	24 Digital Input Dan 2 Analog Input / 16 Digital Ouput
Tegangan Kerja	220 V AC
Frekuensi Kerja	60/50 Hz
Power	36

Sumber: Internet, 2025

2. Rancangan Flow Meter YFS201

Sensor debit air ini menghasilkan sinyal *digital* berdasarkan jumlah putaran turbin internal. Outputnya diukur dalam liter per menit (*LPM*) [19]. Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Water Flow

Model	YF-201
Tegangan kerja	5volt – 18 volt
Max current draw	15 ma di 5 volt
Tipe keluaran	5V digital TTL
Akurasi	Kurang lebih 10 %
Tekanan air max	1.75 MPa
Output Duty Cycle	50 % kurang lebih 10 %

Sumber: Internet, 2025

3. Rancangan Pengawatan Sensor Water Flow Meter

Sensor tekanan air dihubungkan ke input analog PLC menggunakan konfigurasi 3 pin (VCC, GND, dan Signal). Tegangan output berkisar antara 0,5–4,5 V dan disambungkan ke terminal AI1 pada PLC dapat dilihat pada Tabel 5.

4. Rancangan Program Sensor Water Flow Meter

Program PLC menerima tegangan dari sensor tekanan dan mengubahnya menjadi nilai tekanan aktual dalam satuan PSI melalui proses *scaling* dapat dilihat pada Tabel 5.

5. Rancangan Penggunaan Sensor Pressure Transmitter

Pressure transmitter adalah perangkat untuk mengukur tekanan fluida dan mengubahnya menjadi sinyal listrik standar (arus 4–20 mA atau tegangan) yang dapat dibaca oleh sistem kontrol seperti PLC (*Programmable Logic Controller*) [20]. Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Pressure Transmitter

Nama	PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)
Merek	Haiwel
Tipe	AT120MT / Transistor Out
Material	Plastik ABS

Nama	PLC (Programmable Logic Controller)
Warna	Putih Hitam
Input/Output	24 Digital Input Dan 2 Analog Input / 16 Digital Output
Tegangan Kerja	220 V AC
Frekuensi Kerja	60/50 Hz
Power	36

Sumber: Internet, 2025

6. Rancangan Pengawatan Sensor Pressure

Rancangan pengawatan sensor *pressure* yang menghubungkan sensor ke PLC melalui sinyal 4-20 mA dapat dilihat pada Tabel 7.

7. Rancangan Program Sensor Pressure

Rancangan program sensor *pressure* bertujuan untuk membaca sinyal 4–20 mA dan mengubahnya menjadi nilai tekanan yang ditampilkan pada sistem HMI atau diproses oleh PLC dapat dilihat di Tabel 7.

8. Rancangan Penggunaan Sensor Optik

Sensor ini digunakan untuk membaca RPM motor induksi. Berdasarkan putaran yang terdeteksi oleh celah sensor optik, sistem menghitung kecepatan aktual motor. Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Pressure Transmitter

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Sensor	Optical Slot Sensor (TCRT5000 atau sejenisnya).
Fungsi	Deteksi keberadaan objek yang melewati celah dengan menggunakan sinar inframerah.
Tegangan Operasi	3.3V – 5V DC
Output	Sinyal digital (HIGH/LOW), bergantung pada deteksi objek.
Jarak Deteksi	0.1 mm hingga 15 mm (tergantung material dan reflektivitas objek).
Aplikasi Umum	- Encoder untuk deteksi kecepatan atau posisi. - Sistem penghitung objek. - Robotika.

Sumber: Internet, 2025

9. Rancangan Pengawatan Sensor Optik

Sensor optik dihubungkan ke terminal input *digital* (X3) pada PLC, untuk desain dapat dilihat pada Tabel 5.

10. Rancangan Sensor Optik

Program *ladder* menghitung pulsa yang diterima dari sensor untuk menghasilkan nilai RPM aktual motor. Nilai ini ditampilkan di HMI dapat dilihat pada Tabel 5.

11. Rancangan Variable Frequency Drive (VFD)

Variable Frequency Drive (VFD) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan torsi motor listrik, terutama motor induksi tiga fasa.

12. Rancangan Pengawatan Variable Frequency Drive (VFD)

Rancangan pengawatan Variable Frequency Drive (VFD) yang menghubungkan VFD ke sumber daya dan motor induksi tiga fasa serta input kontrol dari PLC untuk pengaturan kecepatan motor secara otomatis dapat dilihat pada Tabel 5.

13. Rancangan Pemrograman Variabel Frekuensi Drive

Dengan blok *ladder diagram*, nilai *analog* dari sensor diolah untuk menghasilkan sinyal 0–10 V ke VFD, sehingga mengatur frekuensi output motor dapat dilihat pada Tabel 5.

14. Rancangan HMI (Human Machine Interface)

HMI Haiwell tipe C7S digunakan untuk memantau tekanan, debit, dan RPM secara waktu nyata. HMI berkomunikasi dengan PLC melalui protokol Modbus TCP/IP dapat dilihat pada Tabel 5.

15. Persiapan Perangkat dan Jaringan

Panel kontrol harus memiliki port *Ethernet* atau antarmuka jaringan yang sesuai; jika tidak, dibutuhkan modul tambahan. Gunakan kabel *Ethernet* untuk menghubungkan panel ke *switch* atau *router LAN* yang aktif dan memiliki port tersedia. Siapkan juga komputer untuk akses dan kontrol panel melalui jaringan LAN.

16. Konfigurasi Panel Kontrol

Atur alamat IP, *subnet mask*, dan *gateway* pada panel kontrol agar sesuai dengan jaringan LAN yang digunakan. Informasi jaringan dapat dilihat melalui pengaturan komputer yang terhubung ke jaringan yang

sama. Selanjutnya, pilih protokol komunikasi yang didukung oleh panel dan perangkat terkait, seperti *Modbus TCP/IP*, *Ethernet/IP*, atau *PROFINET*.

17. Konfigurasi Jaringan LAN

Hubungkan kabel *Ethernet* dari panel kontrol ke port yang tersedia di *switch* atau *router LAN*. Pastikan komputer yang digunakan untuk mengakses panel memiliki alamat *IP* yang sesuai dengan jaringan *LAN*. Selanjutnya, lakukan perintah *ping* dari komputer ke alamat *IP* panel untuk memastikan koneksi jaringan berfungsi.

18. Konfigurasi Perangkat Lunak

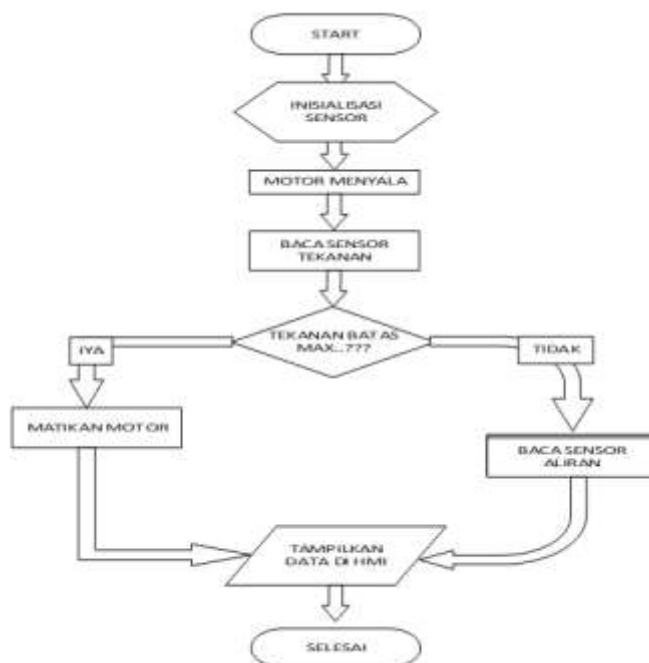
Menggunakan perangkat lunak *HMI (Human-Machine Interface)* atau *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)*, instal dan konfigurasi perangkat tersebut di komputer. Jika diperlukan, tambahkan *driver* atau *OPC server* yang sesuai untuk komunikasi dengan panel kontrol. Selanjutnya, atur komunikasi dengan mengkonfigurasi alamat *IP*, protokol, dan parameter lainnya.

19. Rancangan Desain Sistem

Rancangan secara modular, terdiri dari motor, pompa, sensor tekanan dan debit, *VFD*, serta perangkat antarmuka, dll dapat dilihat pada **Tabel 5**.

20. Rancangan Diagram Alir

Sistem *Flowchart* menunjukkan urutan kerja sistem dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1: Diagram Alir Sistem

Sumber: Pengolahan Data, 2025

21. Rancangan Instalasi Sistem Mekanisme

Instalasi mencakup pemasangan pipa, sensor, dan panel kontrol. Komponen mekanis dirakit agar sesuai dengan sistem *control* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

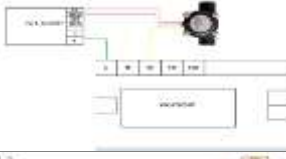
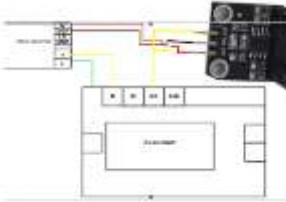
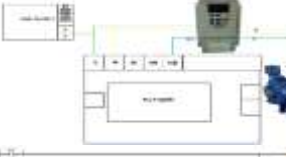
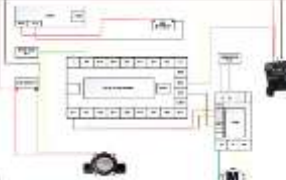
22. Pembuatan Panel Kontrol

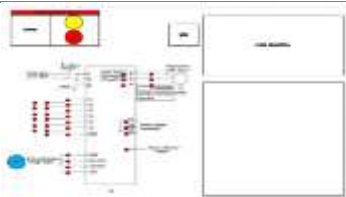
Panel dirancang modular agar mudah dirawat. Komponen disusun secara ergonomis dan fungsional dapat dilihat pada **Tabel 5**.

23. Daftar Gambar Rancangan

Berikut ini merupakan daftar gambar berdasarkan langkah-langkah pada tahap perancangan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Gambar Perancangan

No	Perancangan	Gambar Perancangan
1	Rancangan Pengawatan Sensor <i>Flow Meter</i>	
2	Rancangan Program Sensor <i>Water Flow Meter</i>	
3	Rancangan Pengawatan Sensor <i>Pressure</i>	
4	Rancangan Program Sensor <i>Pressure</i>	
5	Rancangan Pengawatan Sensor Optik	
6	Rancangan Sensor Optik	
7	Rancangan Pengawatan <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i>	
8	Rancangan Pemograman Variabel Frekuensi <i>Drive</i>	
9	Rancangan HMI (<i>Human Machine Interface</i>)	
10	Rancangan Desain Sistem	
11	Rancangan Instalasi Sistem	

No	Perancangan	Gambar Perancangan
12	Rancangan Panel Kontrol	

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pembuatan Purwa Rupa Kontrol dan monitoring Motor Induksi

Perancangan dan pembuatan *purwarupa* sistem kontrol dan *monitoring* motor induksi berbasis *PLC Haiwell* dan *HMI* dapat direalisasikan sesuai dengan desain dan gambar yang telah disusun. Dokumentasi berikut menunjukkan bentuk *purwarupa* serta detail instalasi *wiring* pada panel kontrol. Instalasi tersebut diperlukan untuk memastikan sistem kontrol dan *monitoring* motor induksi dapat berfungsi dengan optimal dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2: Tampak Depan dan Kontrol Panel
Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.2 Program Final HMI

Program final *HMI* dirancang menggunakan aplikasi *SCADA Haiwell Cloud* untuk melakukan kontrol dan *monitoring* kecepatan motor induksi. Antarmuka layar utama menampilkan informasi pengantar, panduan pengujian mekanisme, pengaturan kecepatan motor, pemantauan proses, konfigurasi parameter, serta visualisasi data sensor secara *real-time* dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3: Tampak Depan dan Kontrol Panel
Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.3 Hasil Yang Didapatkan Program Final HMI

Setelah bagian mekanik, sistem, panel kontrol, dan pengawatan selesai dirancang serta program berhasil diuji, mesin ini mampu menghasilkan data sesuai kebutuhan. Pengujian mekanisme dilakukan berdasarkan skenario yang dirancang sebelumnya, dan dokumentasi hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4: Pengujian Data Analog PLC ke VFD
Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.4 Pengujian Sensor *Water Flow*

Hasil pengujian sensor *water flow* ditunjukkan dapat dilihat pada **Tabel 6**, yang memperlihatkan hubungan antara laju aliran air yang terukur dengan nilai output sensor yang terbaca oleh sistem.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor *Water Flow*

No	RPM	Liter/menit
1	0	0
2	1500	9.300
3	1700	11.100
4	1800	12.100
5	2000	13.500
6	2200	15.100
7	2400	16.100
8	2600	17.800
9	2800	18.800

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.5 Dokumentasi Pengujian

Dari serangkaian pengujian RPM didapatkan beberapa hasil pengukuran seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini, sedangkan hasil pengujian sensor *water flow* dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Pengujian RPM

No	Pengujian	Dokumentasi
1	Hasil pengujian di 1500 RPM	
2	Hasil pengujian di 1800 RPM	
3	Hasil pengujian di 2200 RPM	
4	Hasil pengujian di 2600 RPM	
5	Hasil pengujian di 2800 RPM	

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.6 Pengujian Frekuensi Terhadap RPM Motor

Pengujian frekuensi terhadap RPM motor dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai frekuensi yang diberikan dengan kecepatan putaran motor. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Pengujian Frekuensi Putaran (RPM)

No	Volt Out PLC	Frekuensi Iverter	Frekuensi Alat Ukur	Medan Magnet (RPM)	Putaran Rotor (RPM)	Slip motor
1	0	0	0	0	0	0
2	6.06	31.6	31.2	1800	1774	0,014
3	6.83	35.8	35.4	2040	2011	0,014
4	8.34	44.1	43.6	2580	2512	0,026
5	9.85	50.0	49.4	3000	2835	0,055

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.7 Dokumentasi Hasil Pengujian Putaran (RPM) dan Frekuensi

Dokumentasi hasil pengujian putaran dan frekuensi terhadap RPM motor. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil Pengujian Putaran

No	Pengujian	Dokumentasi Pengujian	Pengukuran	Dokumentasi Pengukuran
1	Hasil Pengujian 1		Hasil Pengukuran 1	
2	Hasil Pengujian 2		Hasil Pengukuran 2	
3	Hasil Pengujian 3		Hasil Pengukuran 3	
4	Hasil Pengujian 4		Hasil Pengukuran 4	

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.9 Analisa

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat kesesuaian antara nilai perhitungan teoritis dan data pengukuran aktual. Selisih yang muncul masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan akurat. Perbedaan nilai tersebut kemungkinan disebabkan oleh toleransi alat ukur, gangguan eksternal, atau ketidaksempurnaan dalam sistem pengendalian.

3.9.1 Perbandingan Debit Air Disetiap Putaran RPM

Berdasarkan perhitungan, debit air meningkat secara ideal mengikuti kenaikan *RPM* sesuai rumus proporsionalitas linear antara *RPM* dan debit maksimum (*Q*). Hasil pengukuran menunjukkan adanya selisih kecil, di mana debit air aktual sedikit lebih rendah pada *RPM* 1500 hingga 2600 dibandingkan nilai perhitungan, sedangkan pada *RPM* 2800 keduanya menunjukkan kesamaan, yaitu 18,80 LPM. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti efisiensi pompa yang tidak ideal akibat rugi-rugi mekanis, perubahan kondisi aliran seperti turbulensi atau hambatan pada sistem pipa, serta ketidaksesuaian model linier karena karakteristik debit air terhadap *RPM* pada sistem mekanis tidak sepenuhnya bersifat linier.

3.9.2 Perbandingan RPM Putaran Disetiap Frekuensi

Berdasarkan perhitungan, nilai *RPM* meningkat secara ideal mengikuti kenaikan tegangan input, sesuai hubungan teoritis antara tegangan, frekuensi, dan putaran motor. Namun, hasil pengukuran menunjukkan nilai *RPM* aktual lebih rendah dibandingkan perhitungan pada sebagian besar titik, seperti pada tegangan 8,4 V yang menghasilkan 2640 *RPM* secara teoritis, tetapi hanya tercatat 2476 *RPM* saat diukur. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beban dari pompa yang mempengaruhi kecepatan motor,

ketidakstabilan tegangan input dari *inverter*, serta rugi konversi yang terjadi saat *inverter* mengubah tegangan menjadi frekuensi.

3.9.3 Perbandingan Frekuensi (Hz)

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa frekuensi yang terdeteksi oleh alat ukur sedikit lebih rendah dibandingkan frekuensi yang ditampilkan pada *inverter*, dengan selisih antara 0,2 hingga 0,6 Hz pada setiap level tegangan. Perbedaan ini disebabkan oleh rugi-rugi konversi frekuensi yang terjadi di dalam sistem *inverter*. Selain itu, ketidakstabilan sistem seperti variasi beban motor dan respons *inverter* turut memengaruhi ketidaksesuaian antara output *inverter* dan frekuensi aktual yang diterima motor.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian terhadap *purwarupa* sistem kontrol dan *monitoring* kecepatan motor induksi menggunakan aplikasi *SCADA Haiwell Cloud*, dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil dibangun dan berfungsi dengan baik, mengintegrasikan sensor kecepatan, *PLC*, dan *inverter* untuk pengendalian secara *real-time*. Sistem ini menunjukkan keandalan tinggi dalam mengatur kecepatan motor sesuai input pengguna dan mampu bekerja akurat dalam rentang 0 hingga 2800 RPM. Visualisasi *real-time* dari aplikasi *SCADA* mempermudah pemantauan dan perawatan, dengan data yang ditampilkan terbukti akurat dan konsisten. Hasil pengujian menunjukkan kesesuaian antara nilai teoritis dan aktual, meskipun terdapat sedikit variasi akibat beban dan efisiensi *inverter* yang tidak ideal. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan manfaat signifikan dalam efisiensi operasional dan memiliki potensi pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi dengan sistem alarm, analisis prediktif, maupun optimasi proses.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. N. Rohmah, A. Budiman, V. Latiefudin, R. Jurusan, and T. Elektro, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Penggunaan Air Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis IoT," 2020.
- [2] H. B. Marulasiddappa and V. Pushparajesh, "Review on different control techniques for induction motor drive in electric vehicle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1055, no. 1, p. 012142, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1055/1/012142.
- [3] S. Sridhar, K. U. Rao, R. Umesh, and K. S. Harish, "Condition monitoring of Induction Motor using statistical processing," in *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Feb. 2017, pp. 3006–3009. doi: 10.1109/TENCON.2016.7848597.
- [4] P. Sumarta and Z. Aini, "Desain Penggunaan Variable Frequency Drive (VFD) Pada Starting-Up Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Sinusoidal Pulse-Width Modulation (SPWM)," *J. Al-Azhar Indones. Seri Sains Dan Teknol.*, vol. 9, no. 3, p. 317, Oct. 2024, doi: 10.36722/sst.v9i3.2910.
- [5] G. Yadav and K. Paul, "Architecture and Security of SCADA Systems: A Review," *IIT Delhi*, Jan. 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2001.02925>
- [6] I. Diah Prahmana Karyatanti, I. Winarno, D. Rahmatullah, B. Yan Dewantara, and dan Tri Rusti Maydrawati, "Pengembangan Cloud SCADA 1.3 sebagai otomasi industri jarak jauh industri jarak jauh," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, 2024.
- [7] T. Sundana, F. Aditya Johari, and F. Al Ariiq, "Prototipe Sistem Monitoring Kebocoran Pipa Distribusi Air Berbasis SCADA," *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [8] A. Kaur and D. P. Bhatt, "Developing a Hybrid Irrigation System for Smart Agriculture Using IoT and Machine Learning Sri Ganganagar, Rajasthan," *J. Sens.*, 2024.
- [9] B. Et-taibi *et al.*, "Enhancing water management in smart agriculture: A cloud and IoT-Based smart irrigation system," *Results Eng.*, vol. 22, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.102283.
- [10] M. N. Hidayat, S. S. Wibowo, and M. G. E. Prasetya, "Kajian Manajemen Energi Listrik Pada Stasiun Pompa Air," *J. Sist. Kelistrikan*, 2020.
- [11] H. R. Iskandar, E. Juniarto, and N. Heryana, "Sistem Monitoring Cerdas pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel dan Aplikasi Blynk Server," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 17, no. 2, p. 94, Dec. 2018, doi: 10.26874/jt.vol17no2.82.
- [12] R. Reza Pradhana, B. Alit Prasetyo, and Y. Syukriyah, "Implementasi Internet of Things Dalam Monitoring dan Controlling Variable Frequency," *J. Ilm. Inform. Glob.*, 2023.
- [13] R. Setiawan and A. Setiawan, "Pengendalian dan Pemantauan Motor Listrik 1 Fasa Dengan Sistem Internet Of Things (IOT)," 2024.
- [14] A. Supardi, U. Umar, I. Setiyoko, and M. Saifurrohman, "Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Kecepatan Motor Induksi Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Dilengkapi

- Layar Sentuh,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 65–72, Mar. 2022, doi: 10.23917/emitor.v22i1.15784.
- [15] A. A. K. T. H. S. W. M. D. Indra, “Performansi Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Pada Modul Pembelajaran Berbasis PLC-PID,” *ELECTRICES*, 2025.
- [16] D. Hendrawati, A. Hakim, B. W. Dionova, A. K. Sulistyono, and M. I. Abdullah, “IoT Enabled Real Time Load Height Monitoring and Control System Using PLC and HMI for Smart Industrial,” 2025.
- [17] F. Meng, Y. Zhang, and D. Yang, “Design of Communication among Vision System, PLC and Industrial Robot based on Modbus-TCP protocol,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Aug. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1288/1/012083.
- [18] K. Kostenko, “Real-time Communication between Robot PLC and PC over Ethernet-based Protocols,” 2021.
- [19] S. A. Khaidir Yusuf, “Perancangan Alat Pengukur Debit Air Berbasis Arduino UNO Sebagai Antisipasi Pemborosan Air Di Sektor Pertanian,” *J. Energi Elektr.*, 2019.
- [20] M. Abotaleb, J. Mindykowski, B. Dudojc, and R. Masnicki, “Case-Study-Based Overview of Methods and Technical Solutions of Analog and Digital Transmission in Measurement and Control Ship Systems,” Sep. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/s22186931.