

STUDI AWAL KENDALI KECEPATAN MOTOR LISTRIK SATU FASA BERDASARKAN PARAMETER KEKERUHAN AIR BERBASIS ARDUINO NANO

Fauzan Amri¹⁾, Bagus Dharmawan Hadi²⁾, Jauharotul Maknunah³⁾, Indra Fitriyanto⁴⁾, Revan Lutfiar Rizky⁵⁾, Sri Rahayu⁶⁾, Aulia Wanda Alifah⁷⁾

email: fauzanamri@polindra.ac.id

^{1,2,3,4,5,6,7} Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Politeknik Negeri Indramayu

Ringkasan

Air bersih merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia, sehingga kualitas air perlu dipantau secara periodik. Salah satu parameter kualitas air yang penting adalah tingkat kekeruhan. Kekeruhan tinggi menandakan keberadaan partikel padat tersuspensi yang dapat membahayakan kesehatan. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem otomatis pengendali kecepatan motor pompa air berbasis mikrokontroler Arduino Nano dengan acuan tingkat kekeruhan air. Sistem menggunakan sensor turbidity untuk mendeteksi kekeruhan dan sensor infrared untuk memantau kecepatan motor. Arduino mengatur kecepatan pompa melalui driver LSA-002 berdasarkan tingkat kekeruhan yang terdeteksi. Data monitoring ditampilkan secara real-time melalui platform Node-RED. Metode penelitian meliputi perancangan rangkaian, pemrograman mikrokontroler, perakitan sistem, dan pengujian. Hasil menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara otomatis dan efisien dalam mengontrol kecepatan motor sesuai kekeruhan air, serta berhasil menampilkan data pemantauan secara real-time melalui jaringan.

Kata Kunci : kekeruhan air, Arduino Nano, kontrol motor AC, Node-RED

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber utama penting dalam kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Banyak sekali aktifitas sehari-hari manusia yang menggunakan air terutama air bersih layak pakai seperti mencuci piring, mandi dan mencuci baju. Pemanfaatan air pada dunia industri juga banyak digunakan seperti pembangkit listrik tenaga air atau sebagai fluida pendingin. Sehingga air merupakan hal yang penting untuk dijaga kualitasnya.

Salah satu parameter dalam menentukan kualitas air adalah tingkat kekeruhan airnya. Kondisi air yang keruh menandakan bahwa air tersebut mengandung banyak partikel atau materi lainnya seperti lumpur, pasir halus, atau bahan lainnya [1]. Air yang memiliki kekeruhan tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti diare dan kolera, serta dalam beberapa kasus air yang keruh dapat terkontaminasi oleh zat kimia yang berpotensi penyakit gastrointestinal yang kerap menyerang anak-anak dan lanjut usia [2]. Sesuai dengan standar yang berlaku, standar kekeruhan air untuk air bersih ditetapkan tidak melebihi dari 25 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) [3]. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian pada tingkat kekeruhan air dibutuhkan agar dapat melakukan pengolahan air menjadi air yang bersih yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

Sistem pengendalian secara otomatis yang dapat dibangun adalah dengan menjadikan parameter kekeruhan air pada sensor turbidity sebagai acuan oleh mikrokontroler untuk mengatur kecepatan putaran pompa air [4]. Pengendalian kecepatan motor pompa berdasarkan nilai kekeruhan menjadi penting karena menentukan seberapa banyak dosis koagulan yang akan diinjeksikan. Air dengan tingkat kekeruhan tinggi akan *trigger* kecepatan putaran pompa yang lebih besar agar dosis koagulan yang diberikan juga meningkat, sedangkan pada kondisi kekeruhan rendah, kecepatan pompa akan berkurang sehingga dosis koagulan yang diinjeksikan menjadi lebih sedikit. Dengan demikian, proses koagulasi dapat berlangsung lebih efisien dan kualitas air hasil pengolahan tetap terjaga sesuai standar. Kecepatan putaran pompa yang efisien dapat dideteksi dan diperoleh dengan menggunakan sensor infrared [5]. Apabila kecepatan putaran pompa efisien, maka penghematan energi listrik dapat dilakukan. Beberapa penelitian lain terkait kekeruhan air untuk mengetahui kualitas air telah dilakukan yang dapat dimonitoring secara *real-time* [6].

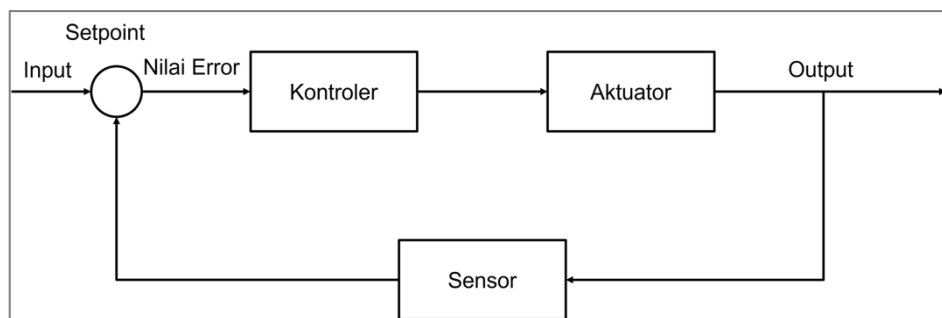
Implementasi sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler dapat diterapkan pada skala rumah tangga, pertanian, dan juga industri kecil. Sistem ini dapat meningkatkan kualitas air dan dapat mengurangi penggunaan energi. Penggunaan sistem pemantauan dan pengendalian secara otomatis dapat menjadi salah satu solusi tepat guna untuk pengelolaan sumber daya air terutama pada daerah yang mengalami kesulitan air bersih [7].

Sistem pengendalian secara tertutup dengan algoritma seperti *Proportional-Integral-Derivative* (PID), *Model Predictive Control* (MPC) dan *Fuzzy Logic Control* (FLC) banyak digunakan dalam pengolahan air karena sistem dapat menjaga kestabilan dan akurasi yang tinggi terhadap nilai batas kekeruhan yang ditentukan. Apabila sensor turbidity mendeteksi nilai kekeruhan melebihi batas, mikrokontroler akan memberikan respon kepada pompa secara *real-time* untuk meningkatkan filtrasi. Hal ini juga dapat diintegrasikan dengan sistem komunikasi jarak jauh seperti *Internet of Things* (IoT) untuk melakukan penyimpanan data atau pemantauan dari jarak jauh.

2. KAJIAN PUSTAKA

Sistem kendali tertutup (*closed-loop system*)

Sistem kendali tertutup atau yang sering disebut sistem kendali umpan balik adalah sistem kendali yang menggunakan sensor sebagai umpan balik (*feedback*) dengan tujuan menjaga nilai yang ditetapkan (*setpoint*). Pada penelitian mengenai pemantauan dan pengendalian air, sensor kekeruhan air menjadi komponen umpan balik yang memberikan sinyal *error* ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan menyesuaikan nilai PWM ke driver motor untuk menyesuaikan kecepatan pompa sesuai kondisi air [8].



Gambar 1. Sistem Kendali Tertutup

Beberapa sistem pengendalian yang sudah tingkat tinggi dan sering digunakan adalah sistem kendali menggunakan Proportional-Integral-Derivative (PID), Model Predictive Control (MPC) dan Fuzzy Logic Control (FLC). Sistem kendali PID berbasis Arduino dapat diterapkan dalam sistem penjernihan air dengan menggunakan sensor turbidity untuk mendeteksi air keruh [9]. Sistem pengendalian kekeruhan air menggunakan Fuzzy Logic dapat memberikan kontrol yang lebih adaptif dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi [10].

Sistem pengendalian kecepatan motor berdasarkan tingkat kekeruhan air

Tingkat kekeruhan menjadi indikator utama dalam menentukan kualitas air [11]. Sehingga nilai tingkat kekeruhan air ini bisa menjadi nilai masukan bagi sistem pengendali yang akan mengaktifkan atau memberikan respon untuk melakukan penyaringan atau sirkulasi hingga air menjadi bersih. Prinsip kerja sensor ini dengan mengukur hamburan cahaya yang mengenai partikel yang ada di dalam air dengan menyinarakan sumber cahaya dari lampu ke kuvet. Ketika air jernih, cahaya akan diteruskan dengan sedikit hamburan, namun apabila air keruh maka partikel di dalam air akan membuat cahaya tersebar. Perubahan ini diubah menjadi sinyal sebagai parameter tingkat kekeruhan airnya. Sinyal inilah yang nantinya akan dikirimkan menuju mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 [12]. Mikrokontroler akan memproses berdasarkan nilai pembacaan oleh sensor terhadap nilai ambang batas yang telah ditentukan oleh pengguna [13]. Jika sensor mendeteksi air tersebut adalah air keruh, maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada aktuator yaitu pompa untuk mengalirkan air dan terus beroperasi hingga sensor mendeteksi air jernih.

Penghematan konsumsi energi pada pompa

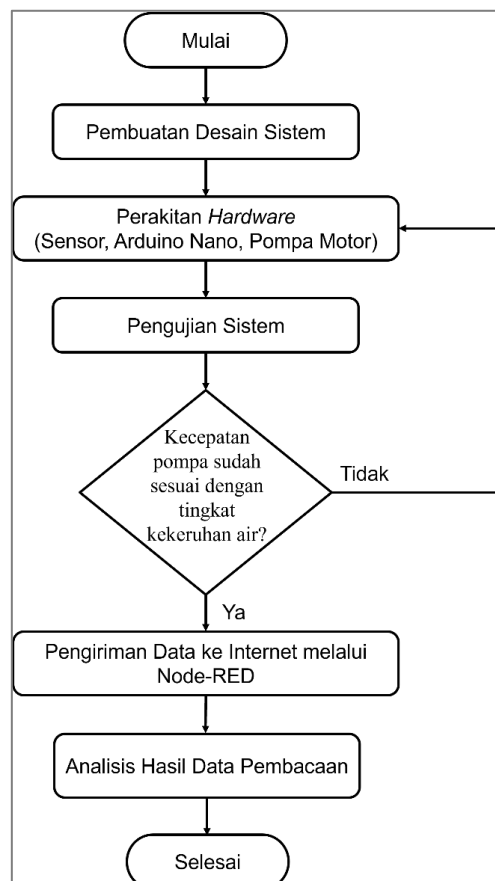
Penghematan konsumsi energi terus diupayakan hingga saat ini. Energi listrik pada pompa air untuk keperluan sirkulasi atau filtrasi tentu perlu diperhatikan, karena penggunaan pompa yang bekerja secara terus menerus sampai sensor mendeteksi adanya air bersih. Pengoperasian pompa yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada pompa. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian kecepatan pompa terhadap tingkat kekeruhan air. Penyesuaian kecepatan pompa terhadap tingkat kekeruhan air dapat diatur menggunakan mikrokontroler. Sensor Infrared mendeteksi kecepatan pompa dan selanjutnya mikrokontroler menyesuaikan sinyal PWM ke driver motor agar motor bekerja pada rentang efisien menyesuaikan tingkat kekeruhannya [14].

Sistem monitoring *real-time* jarak jauh

Dengan adanya perkembangan teknologi yang sangat pesat, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), *Wireless Sensor dan Network* (WSN) dan komunikasi nirkabel lainnya memungkinkan monitoring kualitas air secara *real-time* dari jauh. Data-data yang dapat dikirimkan berupa tingkat kekeruhan air, kecepatan putaran pompa (RPM), atau mungkin parameter lain seperti temperatur, zat-zat yang terkandung di dalam air, dan pH. Semua data ini dapat disimpan di cloud dan dapat diakses melalui web interface [15].

3. METODE PENELITIAN

Gambar 2 adalah *flowchart* dari penelitian ini yang dimulai dari tahap awal hingga selesai. Penelitian ini diawali dengan rancangan pembuatan desain sistem untuk deteksi tingkat kekeruhan air. Pada proses ini dilakukan pembuatan rangkaian pada PCB untuk mengintegrasikan beberapa komponen.

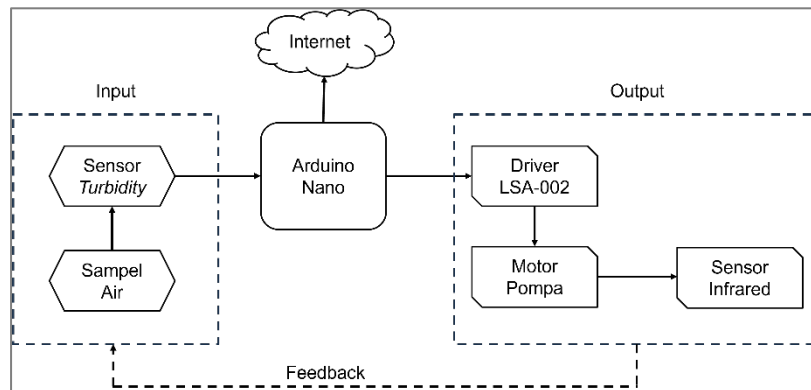


Gambar 2. Diagram alir sistem

Setelah dilakukan pembuatan PCB, selanjutnya adalah dilakukan perakitan *hardware* sistem mulai dari perangkat input seperti sensor turbidity, pusat kendali Arduino Uno, dan perangkat output, seperti driver motor LSA-002, motor pompa, dan sensor infrared sekaligus dilakukan pemberian kode

program pada sistem pendeteksi kekeruhan air tersebut. Setelah semua komponen terpasang maka dilakukan pengujian sistem yaitu memantau kecepatan pompa apakah sudah sesuai dengan tingkat kekeruhan air, bila tidak sesuai maka akan dilakukan *troubleshooting* berupa pemeriksaan *software* dan *hardware* dari sistem, bila sudah sesuai maka hasil pembacaan akan dikirim ke jaringan internet dengan menggunakan Node-RED. Selanjutnya, data yang diperoleh akan dilakukan analisis. Variabel-variabel yang dimonitoring pada penelitian ini adalah:

- Tingkat kekeruhan air yang dimonitor dengan menggunakan sensor *turbidity*.
- Kecepatan putaran motor (RPM) yang dimonitor menggunakan sensor infrared.
- Status operasional motor dalam kondisi aktif, tidak aktif atau mengalami gangguan.



Gambar 3. Diagram blok sistem

Gambar 3 merupakan diagram blok sistem tertutup (*closed-loop system*) dari sistem. Nilai pembacaan dari sensor akan menjadi nilai error yang akan mempengaruhi keputusan yang akan diambil oleh mikrokontroler Arduino. Keputusan yang diambil oleh Arduino akan menjadi sinyal kepada aktuator untuk terus bekerja ataupun berhenti. Pada pompa juga terpasang sensor infrared untuk mengetahui kecepatan putaran yang efisien sesuai dengan tingkat kekeruhannya. Data-data pembacaan sensor kekeruhan air dan infrared akan dikirimkan melalui Node-RED agar dapat diakses melalui dalam jaringan (*online*).

Arduino Nano

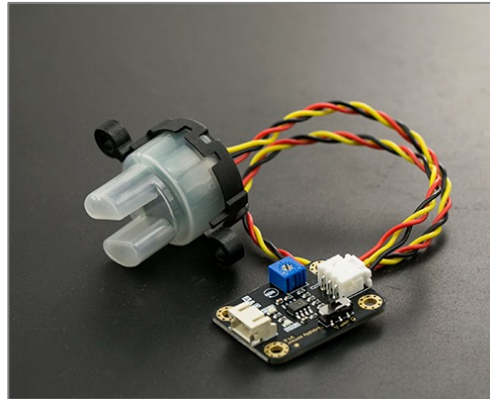
Arduino Nano merupakan salah satu mikrokontroler yang berbasis ATmega328P. Arduino ini memiliki 14 pin digital Input/Output dan 8 pin input analog. Kelebihan utama dari mikrokontroler Arduino Nano adalah karena Arduino Nano dapat mengendalikan sinyal kendali berupa *Pulse Width Modulation* (PWM) ke driver TRIAC seperti LSA002 untuk mengatur sudut penyulutan motor AC.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Nano

| Spesifikasi | Keterangan |
|------------------------|------------------|
| Mikrokontroller | ATmega328/V3.0 T |
| Tegangan operasi | 5 V |
| Tegangan input | 7 – 12 V |
| Batas tegangan input | 6 – 20 V |
| Digital I/O | 14 |
| Analog input | 8 |
| DC Current per I/O pin | 40 mA |
| Flash Memori | 32 kb |
| SRAM | 2 kb |
| EEPROM | 1 kb |
| Clock | 16 MHz |
| Dimensi | 0.73" x 170" |

Sensor kekeruhan air (*Turbidity*)

Sensor kekeruhan air mendeteksi kualitas air dengan cara mengukur tingkat kekeruhan atau kepekatannya. Nilai pembacaan oleh sensor kekeruhan ini akan mempengaruhi tindakan yang akan dilakukan oleh mikrokontroler.



Gambar 4. Sensor kekeruhan air (*Turbidity*)

Spesifikasi sensor kekeruhan air yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Spesifikasi sensor kekeruhan air

| Spesifikasi | Keterangan |
|---------------------------|--------------------|
| Tegangan operasi | 5 V DC |
| Arus operasi | 40 mA |
| Respons waktu | < 500 ms |
| Jumlah resistansi isolasi | 100 m |
| Interval Operasional Suhu | 5 C – 90 C |
| Basis Output | Analog dan Digital |
| DC Current per I/O pin | 40 mA |
| Nilai tegangan analog | 0 – 4.5 V |
| Output Digital | High / Low |
| Berat keseluruhan modul | 30 g |

Sensor Infrared

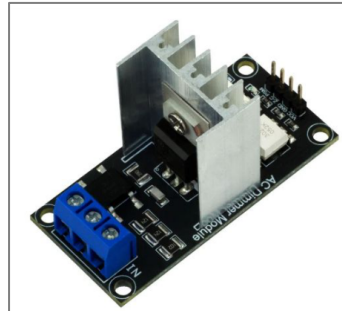
Sensor infrared adalah perangkat elektronik yang dapat memancarkan cahaya dan mengukur radiasi inframerah yang diterima oleh photodiode. Sensor ini juga dapat mendeteksi pergerakan pada sebuah benda. Sinar infrared memiliki panjang gelombang yang lebih tinggi dari pada cahaya merah yaitu sekitar 800 – 1000 nm sedangkan cahaya warna merah sekitar 780 nm. Sinar infrared termasuk ke dalam golongan sinar yang tidak tampak namun radiasi panas yang ditimbulkan akan tetap terasa.



Gambar 5. Sensor Infrared

Driver LSA-002

LSA-002 merupakan driver motor AC yang berfungsi untuk mengendalikan kecepatan putaran motor induksi satu fase. AC dimmer ini dapat digunakan untuk menyalakan atau mematikan daya pada lampu, kipas atau pompa.



Gambar 6. Driver LSA-002

Modul ini berfungsi untuk menjadi jembatan antara sinyal kendali logika dari mikrokontroler Arduino dengan aktuator yaitu motor AC. LSA002 dapat menerima sinyal PWM sebagai input kendali untuk mengatur besar sudut penyulutan pada TRIAC. TRIAC merupakan saklar dua arah yang dapat dikontrol untuk menghantarkan arus pada tegangan AC. Kemudian, semakin besar sudut penyulutan maka akan semakin singkat waktu TRIAC menghantarkan arus sehingga daya yang disalurkan ke beban semakin kecil. Berikut adalah spesifikasi dari Driver LSA 002.

Tabel 3. Spesifikasi driver LSA-002

| Spesifikasi | Nilai |
|----------------|--------------------------|
| Tegangan input | 220 V AC |
| Jenis motor | Motor induksi 1 fase |
| Kontrol input | Sinyal PWM atau digital |
| Beban maksimum | 400W – 1500W |
| Isolasi | Optocoupler atau sejenis |

Pompa air

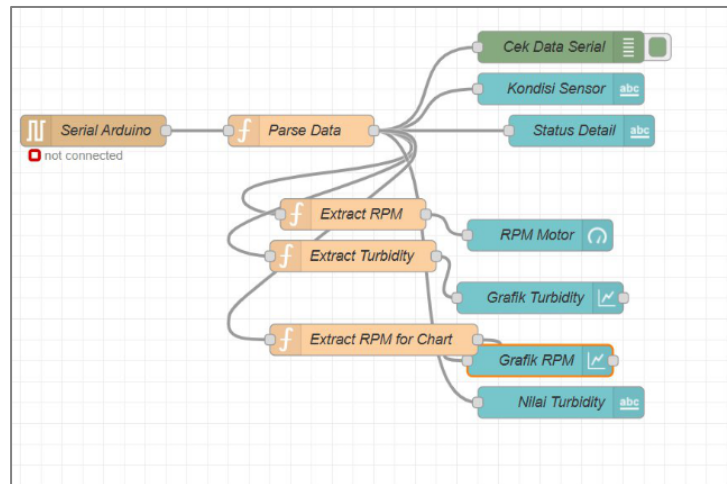
Pompa air satu fasa berfungsi untuk memindahkan fluida air dari sumber menuju tempat lain. Pompa jenis ini banyak digunakan pada instalasi rumah tangga, pertanian ataupun skala laboratorium. Pompa bekerja dengan memanfaatkan energi listrik untuk menggerakkan motor penggerak. Dengan menggunakan listrik 220 Volt, motor penggerak akan berputar dan impeller akan menciptakan gaya sentrifugal yang menyebabkan pompa air untuk menghisap dari saluran masuk dan mendorong fluida air keluar.



Gambar 7. Pompa air

Node-RED

Node-RED adalah sebuah platform berbasis alur (*flow-based*) yang dapat menghubungkan perangkat keras, API dan layanan online untuk ditampilkan ke website. Pada Node-RED terdapat bagian yang disebut dengan *nodes* dan *flows*. *Nodes* adalah bagian-bagian yang digunakan untuk membuat program yang memiliki beberapa jenis yaitu *input*, *output*, *function* dan lain-lain. Sedangkan *flows* adalah tempat untuk memasang *nodes*. *Flows* dan *nodes* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengaturan Flow dan Nodes pada Node-RED

Kecepatan motor berdasarkan kekeruhan air

Sistem dirancang untuk mengatur kecepatan motor pompa secara otomatis dengan mengacu pada tingkat kekeruhan air yang terdeteksi oleh sensor turbidity. Nilai kekeruhan berfungsi sebagai parameter utama dalam menentukan jumlah koagulan yang akan diinjeksikan ke dalam aliran air. Semakin tinggi tingkat kekeruhan, sistem akan meningkatkan kecepatan putaran motor pompa agar volume koagulan yang disalurkan menjadi lebih besar. Sebaliknya, ketika nilai kekeruhan rendah, kecepatan motor akan dikurangi sehingga dosis koagulan yang diinjeksikan lebih sedikit.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kecepatan motor

Pengujian kecepatan putaran motor dilakukan dengan menggunakan potensiometer. Nilai kecepatan putaran diukur menggunakan infrared. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 berikut di bawah ini.

Tabel 4. Data pengujian kecepatan putaran terhadap nilai hambatan yang diberikan

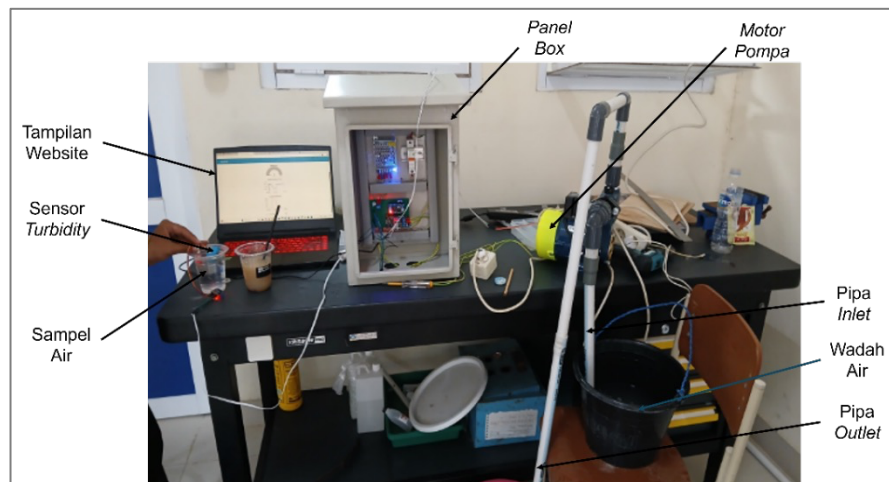
| Nilai hambatan (Ω) | Kecepatan putaran pompa (RPM) |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 30 | 236,3 |
| 35 | 596,4 |
| 40 | 866,8 |
| 45 | 1175 |
| 50 | 1484 |
| 55 | 1798 |
| 60 | 1919 |
| 65 | 2034 |
| 70 | 2100 |
| 75 | 2153 |
| 80 | 2192 |
| 85 | 2253 |

Dari data pada Tabel 4 terlihat bahwa kecepatan putaran motor meningkat seiring dengan bertambahnya nilai hambatan yang diatur menggunakan potensiometer. Nilai hambatan ini berperan sebagai representasi sinyal kendali yang secara tidak langsung merepresentasikan tingkat kekeruhan air. Dalam implementasi sistem sesungguhnya, nilai hambatan bukan diatur secara manual, tetapi dihasilkan oleh mikrokontroler berdasarkan data keluaran sensor turbidity. Sensor tersebut mengubah tingkat kekeruhan air menjadi nilai tegangan analog yang kemudian diterjemahkan sebagai sinyal kendali untuk mengatur besarnya resistansi virtual atau nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikirim ke motor driver. Dengan demikian, perubahan nilai hambatan dalam pengujian ini digunakan untuk mensimulasikan respon sistem terhadap perubahan tingkat kekeruhan air.

Hubungan antara kekeruhan dan resistansi dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tingkat kekeruhan air, maka sensor turbidity akan menghasilkan nilai tegangan yang lebih rendah (karena intensitas cahaya yang diteruskan menurun). Mikrokontroler kemudian menyesuaikan sinyal keluarannya dengan menurunkan resistansi kontrol (atau menaikkan *duty cycle* PWM), sehingga tegangan yang diterima motor pompa meningkat dan putarannya menjadi lebih cepat. Sebaliknya, ketika kekeruhan menurun, tegangan keluaran sensor meningkat, sistem akan menaikkan resistansi kontrol dan menurunkan tegangan suplai ke motor agar kecepatan pompa menurun. Mekanisme ini menjelaskan bahwa perubahan nilai hambatan dalam pengujian berfungsi sebagai simulasi terhadap variasi tingkat kekeruhan air yang secara langsung mempengaruhi kecepatan motor pompa (RPM) dalam sistem pengendalian otomatis.

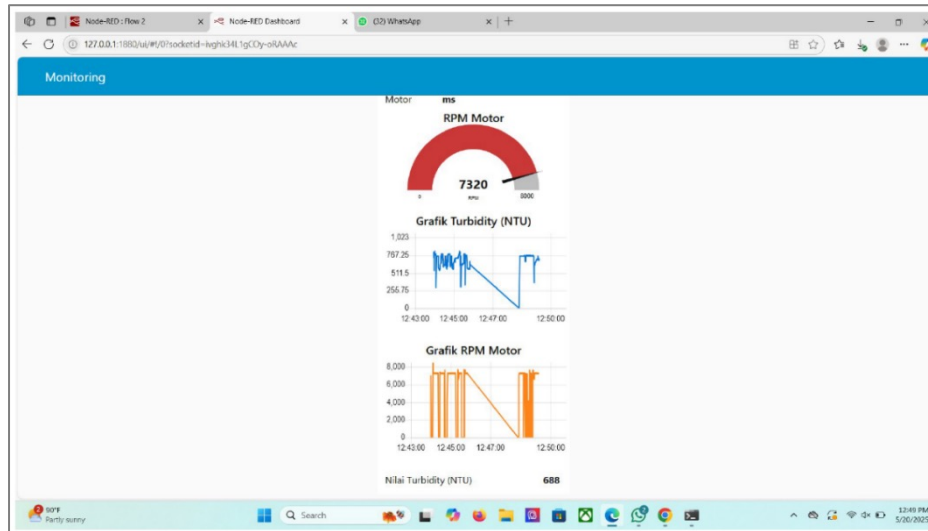
Pengujian kekeruhan air dan kecepatan motor dengan tampilan data pada website

Pengujian kecepatan putaran motor terhadap tingkat kekeruhan air telah berjalan dengan baik. Pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 9. Kecepatan motor diatur oleh mikrokontroler Arduino melalui driver LSA002 dengan memperhatikan hasil pembacaan sensor infrared agar kecepatan putaran pompa efisien. Kontrol kecepatan putaran ini penting untuk menjaga kestabilan sehingga dapat mencegah kerusakan akibat beban berlebih atau penyimpangan.



Gambar 9. Pengujian sistem

Data-data pengujian yaitu kekeruhan air, kecepatan putaran motor dan status operasional dari motor ditampilkan melalui dashboard Node-RED yang memungkinkan sistem pemantauan (*monitoring*) dapat dilakukan secara *real-time* dengan menggunakan internet yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan data pada website

5. KESIMPULAN DAN SARAN-SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol motor pompa berbasis mikrokontroler Arduino Nano mampu berfungsi dengan baik sesuai tujuan perancangan. Sistem ini dapat mendeteksi tingkat kekeruhan air menggunakan sensor turbidity dan secara otomatis mengatur kecepatan putaran motor secara efisien melalui driver LSA-002. Selain itu, data hasil pemantauan dapat ditampilkan secara *real-time* melalui jaringan menggunakan platform Node-RED, sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara mudah dan terintegrasi.

Saran

Pengembangan untuk penelitian selanjutnya adalah penambahan sistem alarm ketika air melebihi batas ambang batas yang telah ditentukan yang akan meningkatkan keamanan dan kecepatan respon sistem.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. M. Djana, "Analisis Kualitas Air Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Natar Hajimena Lampung Selatan," *Jurnal Redoks*, vol. 8, no. 1, pp. 81-87, 2023.
2. O. World Health, "Water quality and health - review of turbidity: information for regulators and water suppliers," World Health Organization, Geneva, 2017 2017, issue CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Online]. Available: <https://iris.who.int/handle/10665/254631>
3. (2010). *Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. [Online] Available: <https://stunting.go.id/kemenkes-permenkes-no-492-tahun-2010-tentang-persyaratan-kualitas-air-minum/>
4. D. Nyanzi, G. Gilibrays, T. Omara, F. Bwire, D. Matovu, and T. Semwogerere, "Design and Assembly of a Domestic Water Temperature, pH and Turbidity Monitoring System," *BMC Research Notes*, vol. 14, p. 161, 04/30 2021, doi: 10.1186/s13104-021-05578-9.
5. S. A. Qatrunnada, Y. Oktarina, T. Dewi, E. Ginting, and P. Risma, "Sistem Kendali Pengisian Jus Otomatis Menggunakan Sensor Infrared Dan Waterflow Berbasis PLC," *Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems*, vol. 1, no. 01, pp. 1-5, 2020.
6. S. Melangi, M. Asri, and S. A. Hulukati, "Sistem Monitoring Informasi Kualitas dan Kekeruhan Air Tambak Berbasis Internet of Things," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 77-82, 2022.
7. S. Supratman, R. R. Ilhamalimy, B. H. Septika, and Y. E. Wulandari, "Pembangunan Sosial Untuk Ketahanan Air di Desa Pulau Maringik Kecamatan Keruak Kabupaten Lombok Timur," *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, vol. 4, no. 4, pp. 603-615, 2024.
8. Z. Apriadi and A. Dea, "Sistem Penjerinihan dan Monitoring Kadar Air Payau Dengan Kontrol Loop

- Tertutup Berbasis Iot," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2023.
9. D. Permana, M. Widya Sari, and R. H. Hardyanto, "System Water Purifier With Arduino Based Pid Control," *Applied Science and Technology Research Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 20-25, 02/20 2023, doi: 10.31316/astro.v1i2.4642.
 10. N. Ratama, M. Munawaroh, and H. Zakaria, "Sistem Otomatis Monitoring Dan Pengendalian Kekeruhan Air Berbasis Arduino Dengan Metode Fuzzy," *Informatika: Jurnal Teknik Informatika dan Multimedia*, vol. 5, no. 1, pp. 161-168, 2025.
 11. A. I. Addzikri and F. Rosariawari, "Analisis Kualitas Air Permukaan Sungai Brantas Berdasarkan Parameter Fisik dan Kimia," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 3, pp. 550-560, 2023.
 12. R. T. Krisna, E. Fitriani, N. Paramitha, and T. Ariyandi, "Design and Construction of Water Turturity Monitoring Equipment and Automatic Water Pump," *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 44-57, 2025.
 13. F. I. Pademui, K. Zuhri, and D. Brajannoto, "Sistem Kendali Dan Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Pada Air PDAM Menggunakan Arduino Uno," *Jurnal Teknologi dan Informatika (JEDA)*, vol. 3, no. 1, 2022.
 14. M. Massaguni, "A Water Pump Efficiency With Automatic Sensors To Increase Operational Efficiency," *JEAT: Journal of Electrical and Automation Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 56-65, 2024.
 15. E. E.-D. Hemdan, Y. M. Essa, M. Shouman, A. El-Sayed, and A. N. Moustafa, "An efficient IoT based smart water quality monitoring system," *Multimedia tools and applications*, vol. 82, no. 19, pp. 28827-28851, 2023.