



Rancang Bangun Sistem Kontrol Tekanan *Hydrophore Tank* Berbasis IoT

Andy Dwi Ardiyanto^{1*}, Antonius Edy Kristiyono², Akhmad Kasan Gupron³

¹⁻³ Elektro, Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Email: andydwiardiyanto22@email.com ^{1*}

Alamat: JL.Gunung Anyar Boulevard No.1, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60294

*Korepondensi penulis

Abstract. Fresh water is one of the essential needs in ship operations, used for daily needs such as cooking, bathing, and washing, as well as supporting the function of equipment in the engine room. Fresh water distribution on ships is generally carried out using hydrophore tanks, which are pressurized tanks that utilize compressed air to distribute water throughout the system. However, in practice, hydrophore tanks often face problems in the pressure system due to reduced air volume, which can disrupt the smooth distribution of fresh water and reduce the ship's work efficiency. To address these problems, this study uses the Research and Development (R&D) method by designing an Internet of Things (IoT)-based control and monitoring system. The system is designed through the integration of pressure sensors, water level sensors, ESP32 microcontrollers, solenoid valves, and buzzers. Testing is carried out in stages through static tests, dynamic tests, and actual integrated testing to ensure system reliability. The test results show that the system is able to monitor air pressure and water level in real-time, as well as control solenoid valves and pumps automatically when the pressure is below the minimum limit or exceeds the maximum threshold. Sensor data was successfully transmitted via WiFi to a web server and Android app, allowing ship operators to perform remote monitoring and receive notifications when overpressure or underpressure occurs. Thus, this IoT-based hydrophore pressure control system has proven effective in maintaining pressure stability and improving the efficiency of freshwater distribution on board ships. This system also has the potential to be further developed by adding a cloud-based data storage feature for more comprehensive long-term pressure trend analysis.

Keyword: Hydrophore; IoT; Pressure; Tank; Water

Abstrak. Air tawar merupakan salah satu kebutuhan esensial dalam operasional kapal yang digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti memasak, mandi, dan mencuci, serta mendukung fungsi peralatan di kamar mesin. Distribusi air tawar pada kapal umumnya dilakukan menggunakan tangki hydrophore, yaitu tangki bertekanan yang memanfaatkan udara terkompresi untuk menyalurkan air ke seluruh sistem. Namun dalam praktiknya, tangki hydrophore sering menghadapi permasalahan pada sistem tekanan akibat berkurangnya volume udara, sehingga dapat mengganggu kelancaran distribusi air tawar dan menurunkan efisiensi kerja kapal. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan merancang sistem kontrol dan monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dirancang melalui integrasi sensor tekanan, sensor level air, mikrokontroler ESP32, solenoid valve, dan buzzer. Pengujian dilakukan secara bertahap melalui uji statis, uji dinamis, hingga pengujian terintegrasi secara aktual untuk memastikan keandalan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau tekanan udara dan ketinggian air secara real-time, serta mengendalikan solenoid valve dan pompa secara otomatis ketika tekanan berada di bawah batas minimum maupun melebihi ambang maksimum. Data sensor berhasil ditransmisikan melalui jaringan WiFi menuju web server dan aplikasi Android, sehingga operator kapal dapat melakukan pemantauan jarak jauh sekaligus menerima notifikasi ketika terjadi kondisi overpressure atau underpressure. Dengan demikian, sistem kontrol tekanan hydrophore berbasis IoT ini terbukti efektif dalam menjaga kestabilan tekanan dan meningkatkan efisiensi distribusi air tawar di kapal. Sistem ini juga berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur penyimpanan data berbasis cloud untuk analisis tren tekanan jangka panjang yang lebih komprehensif

Kata kunci: Air; IoT; Hydrophore; Tangki; Tekanan

1. LATAR BELAKANG

Air tawar adalah kebutuhan esensial di atas kapal yang harus selalu tersedia dan dapat didistribusikan dengan lancar. “Air tawar di kapal digunakan untuk berbagai kebutuhan, seperti memasak, mandi, mencuci pakaian, serta mendukung fungsi peralatan tertentu di kamar mesin

seperti pendingin untuk main engine dan auxilliary engine” (Ibrahim, 2022). Oleh karena itu, ketersediaan dan kelancaran distribusi air tawar kapal menjadi aspek yang sangat penting dalam operasional di kapal untuk memastikan distribusi air tawar yang optimal, banyak kapal menggunakan tangki hidrofor sebagai komponen utama dalam sistem distribusi air tawar. ReHydrophore tank berfungsi untuk mengurangi frekuensi pompa start-stop dengan menyimpan udara bertekanan di dalam tangki tertutup. Prinsip kerjanya didasarkan pada kompresi udara dalam tangki, Sistem ini menciptakan tekanan awal yang cukup untuk mengalirkan air melalui pipa. Dengan mengontrol kinerja pompa menggunakan detektor tekanan, sistem ini bekerja secara otomatis. Pompa akan bertahan lebih lama dan mempertahankan tekanan udara yang stabil dengan berhenti ketika tekanan tangki mencapai batas maksimum dan menyala kembali ketika tekanan turun ke batas minimum. Apabila tangki hydrophore tidak bekerja dengan maksimal, hal ini dapat mengganggu kelancaran distribusi air tawar di atas kapal, yang berpotensi menghambat operasional sehari-hari. Dengan melihat peran penting hydrophore dalam menunjang operasional kapal, perlu adanya perhatian khusus terhadap pemeliharaan dan perbaikannya guna menjamin sistem distribusi udara yang aman

Hydrophore memiliki peran penting dalam distribusi air tawar di kapal, namun seringkali tangki hydrophore mengalami permasalahan pada komponennya terutama pada tekanan tangki yang tidak mencukupi yang dapat mengganggu kinerja dan kelancaran operasional kapal. Penurunan volume udara dalam tangki selama proses kompresi berulang dapat terjadi karena larut atau terbawa keluar, sistem tangki bertekanan dirancang agar 70% volumenya terisi air, sementara 30% sisanya terisi udara yang bertekanan. Apabila perbandingan antara air dan udara tidak sesuai dengan standart, maka air tidak bisa terdistribusikan ke semua akomodasi kapal. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem alat kontrol dan monitoring untuk menjaga kinerja sistem hydrophore yang optimal dan mendukung keberlangsungan operasional kapal.

Sistem kontrol dan monitoring tekanan hydrophore tank dirancang untuk menjaga tekanan udara dalam sistem tetap stabil. Pemantauan tekanan menggunakan teknologi Iot bisa membantu jika tekanan terlalu tinggi atau terlalu rendah, sistem akan mengirimkan notifikasi ke operator untuk segera mengambil tindakan tanpa langsung turun ke kamar mesin untuk mengisi angin secara manual, sistem ini akan mengontrol solenoid valve dengan otomatis melalui operator apabila keseimbangan antara air dan udara berkurang.

2. KAJIAN TEORITIS

Selain meninjau sejumlah penelitian terdahulu yang relevan, bagian ini menjelaskan gagasan-gagasan relevan yang mendasari isu penelitian, yang berfungsi sebagai landasan dan referensi bagi penelitian ini. Hipotesis implisit tidak selalu perlu diungkapkan dalam kalimat tanya; hipotesis tersebut dapat diungkapkan secara implisit.

Hydrophore

Tangki *hydrophore* atau tangki air bertekanan merupakan tangki yang menampung udara untuk sementara waktu kemudian memisahkan udara dan air melalui membran sehingga udara didalamnya mengalami pemampatan

Pompa Air

Dengan meningkatkan tekanan fluida, pompa merupakan alat yang memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain. Tujuan dari tekanan fluida yang lebih tinggi ini adalah untuk mengatasi hambatan aliran. Hambatan gesekan, perbedaan tekanan, dan perbedaan elevasi merupakan contoh hambatan-hambatan ini. Intinya, energi aliran fluida dari motor diubah menjadi energi mekanik oleh pompa.

Sensor Tekanan G1/4

Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan suatu zat disebut sensor tekanan. Ketika gaya (F) bekerja pada satuan luas (A), besaran fisika tekanan (P) terbentuk.

Sensor elektroda lilin

Elektroda lilin adalah sensor khusus yang digunakan dalam pompa air *floatless*, dirancang untuk mengontrol level air dengan presisi. Baja tahan karat yang tahan karat digunakan untuk membuat elektroda ini. Tangki air otomatis biasanya menggunakan elektroda lilin sebagai sensor. Dengan kata lain, elektroda ini dapat digunakan sebagai radar untuk mengetahui jumlah air di dalam sumur atau tangki.

Solenoid Valve

Dalam sistem fluida, katup solenoid merupakan salah satu komponen kontrol yang paling sering digunakan. Katup ini bekerja dengan memanfaatkan kumparan elektromagnetik untuk mengatur pembukaan dan penutupan katup, yang memungkinkan atau menghalangi aliran fluida seperti air, oli, atau udara. Misalnya, dalam sistem pneumatik, katup solenoid berperan penting untuk mengarahkan udara bertekanan ke aktuator pneumatik, yang

menghasilkan gerakan putar maupun linier. Karena katup solenoid menawarkan manajemen aliran fluida yang akurat, andal, dan cepat, katup ini sangat penting untuk proses otomatisasi dan menjamin presisi, keamanan, dan efisiensi dalam berbagai aplikasi industri.

Kompresor

Sebuah alat mekanis yang disebut kompresor meningkatkan tekanan udara. Dalam teknik ini, udara terkompresi dari kompresor kecil memasuki model silinder, memungkinkan silinder mencapai tekanan tinggi yang dibutuhkan sambil tetap berada dalam kapasitasnya.

Buzzer

Perangkat elektronik yang menggunakan getaran untuk mengubah energi listrik menjadi energi suara disebut buzzer. Direkam dalam kaset, CD, dan peralatan audio lainnya, buzzer menghasilkan getaran yang mirip dengan getaran mikrofon.

Relay

Relai adalah jenis komponen listrik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik suatu rangkaian. Komponen ini dapat beroperasi dalam dua mode, yaitu terbuka (*open*) atau tertutup (*close*), tergantung pada instruksi yang diterimanya dari sumber eksternal. Biasanya, pengendalian *relay* dilakukan melalui kontak-kontak listrik yang bertindak sebagai saklar.

Esp32

Esp32 merupakan mikrokontroler dengan konektivitas nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth, serta fleksibilitas tinggi dalam pengembangan perangkat IoT dan aplikasi berbasis koneksi jarak jauh

Arduino IDE

Penulisan, pengeditan, dan pengunggahan kode ke papan Arduino dapat dilakukan melalui perangkat lunak Arduino IDE.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan R&D (riset dan pengembangan). Menurut Sugiono, R&D merupakan teknik riset yang digunakan untuk menciptakan suatu produk tertentu dan mengevaluasi efektivitasnya. “Research and Development (R&D) merupakan

metode penelitian secara sengaja, sistematis, untuk menemukan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan, maupun menguji keefektifan produk, model, maupun metode/ strategi/ cara yang lebih unggul, baru, efektif, efisien, produktif, dan bermakna” (Okpatrioka Okpatrioka, 2023). Alur penelitian akan diuraikan secara terstruktur dengan mencakup tahapan perancangan sistem, perancangan alat, serta rencana pengujian. Seluruh proses tersebut disajikan secara rinci, sistematis, dan berurutan sesuai dengan tahapan yang telah dirancang sebelumnya dalam bentuk narasi yang jelas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Coba Produk

Uji coba produk dilakukan untuk menilai kinerja sistem secara menyeluruh, mulai dari pengujian komponen individu hingga pengujian keseluruhan sistem dalam kondisi simulasi operasional. Berikut ada dua tahap uji coba, yaitu:

Pengujian Statis

Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa produk yang dibuat berfungsi sesuai rencana. Setiap komponen diuji. Uji komponen perlu dilakukan untuk memastikan bahwa setiap bagian dari alat yang akan dirancang dapat berfungsi dengan optimal sesuai dengan harapan. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk/ menghindari terjadinya kesalahan atau *error* selama proses pengujian, serta memastikan bahwa hasil analisis data yang diperoleh akurat dan dapat diproses dengan benar. Dengan demikian, pengujian komponen sangat penting untuk menjamin kualitas dan kinerja alat yang akan dikembangkan.

Pengujian sensor *pressure*, Pengujian sensor *pressure* menggunakan *pressure gauge* bertujuan untuk memastikan akurasi dan kinerja sensor tekanan dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan alat referensi yang telah terkalibrasi. Proses pengujian mencakup kalibrasi awal, pengujian pada berbagai titik tekanan, dan analisis kesalahan (penyimpangan).



Gambar 1. Sensor Pressure.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Pada gambar 1 menunjukkan pengujian sensor *pressure* dilakukan beberapa waktu agar dapat dinyatakan bahwa sensor *pressure* dapat berfungsi dengan baik dan normal. Berikut merupakan hasil pengujian sensor *pressure* yang disajikan pada tabel dibawah.

Tabel 1. Pengujian Pressure.

No	Sensor Pressure (Bar)	Pressure Gauge (Bar)	Presentasi Error (%)
1	2,28	2,31	1,30
2	2,29	2,32	1,29
3	2,29	2,32	1,29
4	2,31	2,34	1,28
5	2,31	2,33	0,86
6	2,32	2,35	1,28
7	2,32	2,36	1,69
8	2,33	2,35	0,85
9	2,34	2,37	1,27
10	2,32	2,35	1,28
Rata - Rata Error (%)			1,24

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Hasil dari table 1 pada pengujian sensor *pressure* tersebut menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan baik dan dapat menghasilkan data yang normal dari perbandingan nilai dengan *pressure gauge*

Pengujian Solenoid Valve, Untuk memastikan katup solenoida berfungsi dengan benar dan mencegah kemungkinan masalah yang dapat membahayakan integritas sistem atau keselamatan publik, pengujian sangatlah penting.



Gambar 2. Pengujian *Solenoid Valve*.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Gambar 2 menunjukkan parameter pengujian yang meliputi kebocoran, respon waktu dan tekanan operasional. Pengujian solenoid ini dilakukan berkali kali dengan ketelitian yang tepat.

Pengujian Sensor *Water Level*, Sensor *water level* diuji digunakan untuk mengukur ketinggian air. Sensor *water level* digunakan dengan cara meletakkan sensor pada wadah tangki yang berisikan air

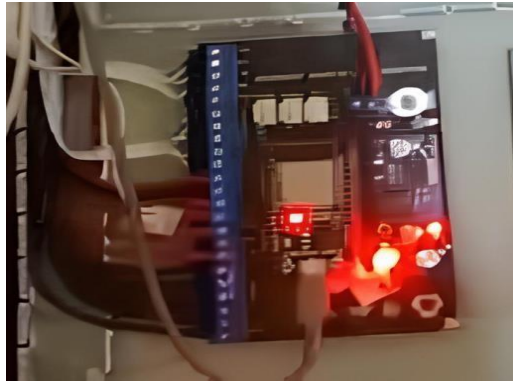


Gambar 3. Pengujian Sensor *water level*.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Gambar 3 merupakan pengujian sensor *water level* dimana sensor akan mengirimkan nilai ketinggian pada air sebagai data informasi melalui Esp 32, dengan melakukan perbandingan nilai yang di tampilkan mikrokontroller dengan alat ukur lain. Berikut tabel perbandingan hasil uji

Pengujian ESP 32, Soket adaptor 12 volt atau kabel USB yang terhubung ke laptop atau sumber daya lainnya dapat digunakan untuk mengalirkan listrik guna menguji perangkat keras ESP 32. Ketika ESP 32 beroperasi dengan baik, indikator LED merahnya akan menyala.



Gambar 4. Pengujian ESP 32.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Gambar 4 menunjukkan bahwa lampu indikator LED merah menyala Pada ESP 32 yang mendapat tegangan melalui kabel USB Sehingga mikrokontroller dapat dinyatakan baik

Pengujian Buzzer, Buzzer sebagai indikator untuk memberikan informasi berupa *output* suara. Ketika sensor *pressure* mendeteksi tekanan dalam tabung yang melebihi 10 Psi, *buzzer* akan mengeluarkan bunyi sebagai tanda peringatan. Sebaliknya, jika tekanan dalam tabung turun di bawah nilai 10 Psi, *buzzer* akan berhenti berbunyi, menandakan bahwa tekanan kembali berada dalam batas aman. Dengan cara ini, *buzzer* berperan penting dalam memantau dan memberi tahu status tekanan secara *real-time*.



Gambar 5. Pengujian Pengujian Buzzer.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Berdasarkan hasil uji coba yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 diatas, terlihat bahwa *buzzer* menyala saat menerima *input* daya 5V, yang terdeteksi oleh alat ukur. Kondisi ini menunjukkan bahwa *buzzer* berfungsi dengan baik

Pengujian LCD, LCD diprogram sebagai output yang menampilkan informasi terkait tekanan udara dalam tangki serta kestabilan aliran udara yang masuk. Dengan demikian, pengguna dapat memantau apakah LCD menampilkan data yang sesuai dengan *input* yang

diterima dari sensor *pressure* sesuai dengan instruksi yang diberikan.

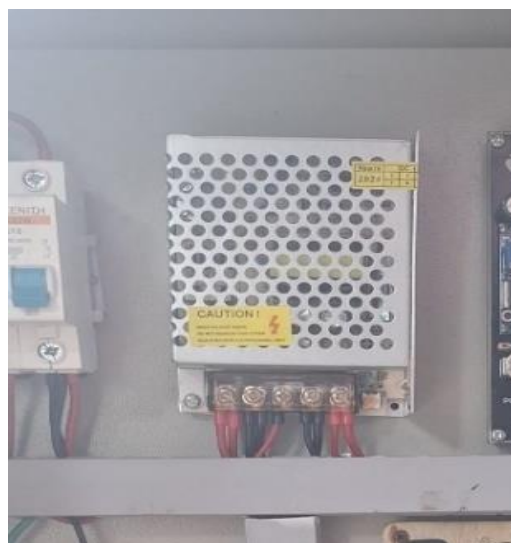


Gambar 6. Pengujian Pengujian LCD.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Berdasarkan hasil uji coba yang terlihat pada Gambar 4.5 diatas, LCD berhasil menyala dan menampilkan pembacaan sensor. Hal ini menunjukkan bahwa LCD dalam kondisi baik dan siap digunakan

Pengujian *power supply*, *Power Supply* AC-DC 12 V untuk *supply* tegangan ke mikrokontroller. Pengujian dilakukan menggunakan multimeter dengan mengetes *output* dari adaptor keluar tegangan sesuai atau tidak. Gambar dari *power supply* ada di gambar 4.8 dibawah ini



Gambar 7. Pengujian *power supply*.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Berdasarkan hasil uji coba yang tertera pada Gambar 4.8, terlihat bahwa *power supply* menghasilkan output 12 VDC yang terdeteksi oleh alat ukur. Hal ini menandakan bahwa *power supply* dalam kondisi baik dan siap digunakan. Hasil pengujian ada di tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian *Power supply*.

No	Nilai Hasil Pengujian (V)	Multimeter (V)	Presentase Error (%)
1	12,29	12,45	1,29
2	12,31	12,48	1,36
3	12,35	12,52	1,36
4	12,37	12,56	1,51
5	12,48	12,62	1,11
6	12,51	12,68	1,34
7	12,57	12,7	1,02
8	12,67	12,8	1,02
9	12,65	12,82	1,33
10	12,73	12,88	1,16
Rata - Rata Error (%)			1,25

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Tabel 2 ini menampilkan hasil pengujian tegangan output dari sebuah *power supply* yang dibandingkan dengan nilai tegangan dari alat ukur standar multimeter. Nilai error berkisar antara 1,02% hingga 1,51%. Rata-rata presentase error adalah 1,25%, yang menunjukkan bahwa deviasi antara hasil alat dan multimeter tergolong kecil, sehingga *power supply* yang diuji memiliki akurasi yang cukup baik

Pengujian Dinamis

Pengujian keseluruhan alat dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi dan program yang telah diprogram berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi kesalahan atau *error* yang dapat mengganggu kinerja alat, sehingga data yang diperoleh melalui alat tersebut dapat dianalisis secara akurat dan memberikan hasil yang optimal. Dengan demikian, pengujian yang teliti dan menyeluruh sangat penting untuk memastikan kehandalan alat dalam menghasilkan data yang valid dan dapat dipercaya. Sebelum dilakukannya pengujian dinamis, diperlukan perakitan semua komponen yang ada pada gambar 4.9 dibawah ini



Gambar 8. Perakitan Komponen Sumber: (Dokumen Penelitian).

Pada gambar 8 komponen Esp 32, *relay* dan Pcb dimasukkan ke dalam satu *box panel*, sedangkan sensor sensor ditempatkan sesuai badan mekanik masing-masing. Tahapan ini merupakan yang sangat penting dalam proses pembuatan sebuah sistem, di mana seluruh komponen yang telah diuji sebelumnya pada sub bab pengujian komponen, kini disatukan dengan teliti dan hati-hati. Setelah masing-masing perangkat keras pada sistem dipastikan berfungsi dengan baik dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah merakit komponen- komponen tersebut menjadi satu kesatuan utuh. Tahap perakitan ini tidak hanya melibatkan pemasangan fisik, tetapi juga penataan yang rapi dan efisien, agar sistem yang terbentuk bekerja dengan optimal. Seluruh komponen, baik yang bersifat elektronik, mekanik, maupun pendukung lainnya, ditempatkan dengan cermat dalam wadah atau casing yang dirancang khusus, sehingga tidak hanya memastikan keberfungsian alat, tetapi juga memberikan tampilan yang estetik dan memudahkan dalam pemeliharaan serta pengoperasiannya. Setelah itu bias dilakukan uji coba keseluruhan seperti gambar dibawah ini



Gambar 9. Pengujian Alat (Sumber: Dokumen Penelitian).

Pada gambar 9 tersebut merupakan pengujian alat yang dilakukan dengan metode simulasi kondisi nyata di dalam tangki, di mana sebagian bagian tangki diisi dengan air dan sebagian lagi diisi dengan udara bertekanan. Ketika tekanan udara dalam tangki berkurang hingga mencapai batas tertentu, sensor tekanan (*pressure sensor*) akan mendeteksi penurunan tekanan tersebut. Sebagai respons terhadap perubahan tekanan, sensor akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan *solenoid valve*.

Solenoid valve kemudian membuka katup untuk mengalirkan udara bertekanan ke dalam tangki *hydrofore*, yang bertujuan untuk mengembalikan keseimbangan tekanan. Proses ini diulang untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara otomatis, efisien, dan responsif terhadap perubahan tekanan, serta untuk memastikan bahwa alat tersebut bekerja dengan baik sesuai dengan desain yang diinginkan.

Pengujian over pressure, Pengujian ini dengan menaikkan tekanan angin sampai melebihi batas yang diinginkan, sehingga sistem bisa menghentikan pengisian angin pada tabung tangki *hydrofore* untuk mencegah kerusakan apabila mencapai tingkat berbahaya. Semua hasil dari pengujian ini ada di table 4.3 dibawah ini.

Tabel 3. Pengujian *over pressure*.

No.	Sensor pressure (Bar)	Kondisi
1.	1.30	Normal
2.	1.35	Normal
3.	1.46	Normal
4.	2.48	Normal
5.	2.60	Normal
6.	2.78	Normal
7.	2.99	Normal
8.	3,4	<i>Overpressure</i>
9.	3,50	<i>Overpressure</i>
10.	3,66	<i>Overpressure</i>

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Tabel 3 ini menunjukkan hasil pengujian tekanan menggunakan sensor, dengan tujuan untuk mengetahui batas tekanan yang masih tergolong normal dan kapan kondisi berubah menjadi *overpressure* (tekanan berlebih). Dari pengujian 10 kali menunjukkan hasil tekanan sensor dari 1,30 hingga 2,99 Bar terklasifikasi sebagai kondisi normal. Tekanan $\geq 3,4$ Bar mulai dianggap *overpressure*, yaitu pada data ke-8 hingga ke-10 (3,4 Bar sampai 3,66 Bar)

Pengujian *Under pressure*, Pengujian ini dengan menurunkan tekanan angin sampai dibawah batas yang di tentukan, sehingga sistem bisa melakukan pengisian tekanan angin pada tabung tangki *hydrofore*. Hasil dari pengujian ini ada di tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. Pengujian *Under Pressure*.

No	Sensor pressure (Bar)	Kondisi
1.	0.30	<i>Underpressure</i>
2.	0.36	<i>Underpressure</i>
3.	0.50	<i>Underpressure</i>
4.	0,66	<i>Underpressure</i>
5.	0.79	<i>Underpressure</i>
6.	0.97	<i>Underpressure</i>
7.	1.1	<i>Underpressure</i>
8.	1,3	<i>Underpressure</i>
9.	1,52	Normal
10.	1,67	Normal

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Pada tabel 4 ini menunjukkan hasil pengujian tekanan rendah (*under pressure*) pada sistem tangki *hydrofore* untuk melihat batas bawah sistem saat tekanan menurun. Tekanan di bawah 1.5 Bar dianggap sebagai kondisi *underpressure*, di mana sistem belum memenuhi ambang batas tekanan minimum. Mulai dari tekanan 1.52 Bar ke atas, sistem mulai masuk ke kondisi normal, artinya tekanan sudah cukup untuk operasi standar tangki.

Pengujian perbandingan LCD dengan Web Server, Pengujian ini bertujuan untuk mengukur waktu *delay* komunikasi data antara server lokal (*hardware*) dan Web Server (IoT platform). Prinsip pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu pengiriman data dari panel (melalui sensor dan mikrokontroler) dengan waktu penerimaan data yang ditampilkan di Web Server.

Pengujian ini juga memperhitungkan pengaruh jarak fisik antara perangkat pengguna (*handphone*) dan *access point* terhadap kualitas dan kecepatan komunikasi. Dalam pelaksanaannya, panel tetap ditempatkan di posisi tetap di luar ruangan, sehingga variabel lokasi panel dibuat konstan, dan hanya jarak *handphone* yang diubah untuk mensimulasikan perbedaan kualitas sinyal nirkabel.

Selama pengujian, dilakukan pengukuran *delay* data yang berasal dari Sensor *pressure* yang ditampilkan baik pada LCD panel lokal maupun di Web Server berbasis IoT. Data yang diuji mencakup parameter kelistrikan dan suhu sebagai indikator beban kerja pompa dalam kondisi nyata

Hasil pengujian ini akan menunjukkan seberapa cepat dan stabil sistem dalam mengirimkan data *real-time* ke server berbasis IoT pada berbagai jarak operasional. Hasil dari pengujian ini ada di table 4.5 dan 4.6 dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian Pembacaan Tekanan pada Jarak 5 Meter.

N o	Detik ke- (s)	Pembacaan Pressure di LCD	Detik ke- (s)	Pembacaan Pressure di Web Server	Persentase Error Pembacaan (%)	Persentase Error Delay (%)
1	1	2,1	1	2,1	0,0	0,0
2	5	2,32	5	2,34	0,9	0,0
3	10	2,46	10	2,46	0,0	0,0
4	13	2,23	14	2,23	0,0	7,1
5	14	2,32	14	2,33	0,4	0,0
6	17	2,56	17	2,58	0,8	0,0
7	22	2,36	23	2,38	0,8	4,3
8	26	2,53	27	2,58	1,9	3,7
9	27	2,15	27	2,17	0,9	0,0
10	30	2,17	30	2,18	0,5	0,0
Rata-rata					0,6	1,5

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Tabel 6. Pengujian Pembacaan Tekanan pada Jarak 10 Meter.

No	Detik ke-(s)	Pembacaan <i>Pressure</i> di LCD	Detik ke (s)	Pembacaan <i>Pressure</i> di <i>Web Server</i>	Persentase <i>Error</i> Pembacaan (%)	Persentase <i>Error Delay</i> (%)
1	1	2,2	1	2,2	0,0	0,0
2	4	2,23	4	2,23	0,0	0,0
3	7	2,4	7	2,42	0,8	0,0
4	16	2,32	17	2,34	0,9	5,9
5	19	2,32	19	2,32	0,0	0,0
6	20	2,52	20	2,53	0,4	0,0
7	22	2,33	23	2,34	0,4	4,3
8	26	2,57	27	2,58	0,4	3,7
9	28	2,2	29	2,25	2,2	3,4
10	30	2,23	30	2,27	1,8	0,0
Rata-rata					0,7	1,7

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Tabel 5 dan 6 adalah hasil perbandingan pengujian antara jarak 5-meter dan 10- meter menunjukkan bahwa terdapat korelasi langsung antara peningkatan jarak dengan kualitas komunikasi data pada sistem. Semakin jauh jarak antara LCD panel (sebagai perangkat *hardware*) dengan akses ke *Web Server* melalui jaringan WiFi, semakin besar kemungkinan terjadinya *error* dalam transmisi data serta peningkatan waktu *delay* dalam proses komunikasi.

Dengan bertambahnya jarak, kekuatan sinyal nirkabel cenderung melemah, yang berdampak pada penurunan stabilitas koneksi antara perangkat lokal dengan server berbasis IoT. Akibatnya, data yang dikirimkan mengalami penundaan lebih lama sebelum dapat diterima dan ditampilkan pada platform monitoring

Dari hasil tersebut, secara umum terdapat peningkatan waktu *delay* sebesar 1,5 – 1,7 % saat jarak antara *handphone* dengan *access point* yang diperjauh dari 5-meter menjadi 10-meter, namun *delay* yang terjadi masih dalam batas wajar untuk sistem ini

Pengujian Aktual Terintegrasi



Gambar 10. Tampilan Web Server.

Sumber: (Dokumen Penelitian)

Gambar 10 di atas adalah tampilan dari web server yang digunakan untuk mengintegrasikan antara komponen dan software. Pada tahap ini, pengujian dilakukan sepuluh kali percobaan dengan variasi nilai tekanan pada tangki hydrofore. Data yang diperoleh meliputi hasil pembacaan sensor, status operasional solenoid (*On* atau *Off*), serta kondisi yang ditampilkan oleh sistem monitoring. Hasil dari pengujian tersebut disajikan dalam tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 7. Pengujian Aktual Terintegrasi.

Ke	Pompa	Sensor Pressure (Bar)	Level Air (cm)	Kondisi Solenoid	Kondisi Kompresor	Kondisi Pompa	Kondisi Tampilan
1	Pompa 1	2,34	30	On	On	On	<i>Under</i>
2	Pompa 1	2,38	31	On	On	On	<i>Under</i>
3	Pompa 1	2,43	33	On	On	On	<i>Under</i>
4	Pompa 1	2,59	34	On	On	On	<i>Under</i>
5	Pompa 1	2,64	36	On	On	On	<i>Under</i>
6	Pompa 1	2,8	37	On	On	On	<i>Under</i>
7	Pompa 1	2,92	45	On	On	Off	<i>Under</i>
8	Pompa 1	3	45	Off	Off	Off	Normal
9	Pompa 1	3,45	45	Off	Off	Off	Normal
10	Pompa 1	4	45	Off	Off	Off	Normal

Sumber: (Dokumen Pengujian)

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada tabel 4.7, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol yang dikembangkan telah berhasil beroperasi sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Pada saat tekanan berada di bawah ambang batas standar, sistem secara otomatis mendeteksi kondisi tersebut dan menampilkan status *Underpressure*. Sebaliknya, ketika tekanan melampaui batas atas yang telah ditetapkan, sistem juga mampu mendeteksi situasi ini dengan tepat dan menampilkan status *Overpressure*.

Keberhasilan ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras (*hardware*) seperti sensor tekanan, *Solenoid Valve*, dan mikrokontroler- dengan perangkat lunak (*software*) termasuk logika kontrol dan pemrograman IoT telah berjalan secara efektif dan harmonis. Data dari sensor diproses dengan cepat dan akurat, kemudian diinterpretasikan serta ditampilkan dalam bentuk status operasional yang jelas dan mudah dipahami.

Dengan tercapainya hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol tekanan udara otomatis berbasis IoT yang dikembangkan memiliki kinerja yang handal dalam memantau dan mengendalikan kondisi operasional motor pompa secara *real-time*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang dilakukan, sistem kontrol tekanan pada tangki hydrophore berbasis Internet of Things (IoT) terbukti berhasil dirancang dan berfungsi dengan baik. Integrasi sensor tekanan, sensor level air, mikrokontroler ESP32, solenoid valve, dan buzzer memungkinkan sistem mampu memantau tekanan udara serta ketinggian air secara *real-time*. Ketika tekanan turun di bawah ambang batas minimum atau naik melebihi ambang batas maksimum, sistem dapat secara otomatis mengaktifkan maupun menonaktifkan solenoid valve dan pompa, sehingga kestabilan tekanan tetap terjaga serta distribusi air tawar di kapal berjalan lancar. Hal ini membuktikan bahwa rancangan sistem dapat memberikan pengaturan tekanan yang efisien untuk mendukung kelancaran operasional kapal tanpa adanya gangguan. Selain itu, pemanfaatan teknologi IoT melalui ESP32 yang terhubung dengan jaringan WiFi memungkinkan data sensor ditransmisikan secara langsung ke web server dan aplikasi Android. Dengan cara ini, operator kapal dapat memantau kondisi tangki dari jarak jauh dan menerima notifikasi otomatis apabila terjadi kondisi *overpressure* atau *underpressure*. Fitur ini meningkatkan efisiensi serta kepraktisan dalam pemantauan dan pengendalian, karena tidak lagi bergantung pada pengecekan manual di ruang mesin.

Saran

Perlu dilakukan uji coba sistem secara berkelanjutan di kondisi operasional kapal yang sesungguhnya untuk memastikan bekerja dengan baik dari beberapa sensor tekanan, sensor level air, serta kestabilan koneksi ESP32 dalam lingkungan laut yang memiliki kelembapan tinggi dan potensi gangguan sinyal. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menyimpan histori tekanan dan parameter lainnya dalam database cloud, sehingga dapat dilakukan analisis tren tekanan jangka panjang.

DAFTAR REFERENSI

- Abbiyu, A. (2018). Rancang bangun prototype kontrol dan monitoring sistem distribusi air bersih secara terpusat berbasis PLC di Politeknik Penerbangan Surabaya. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) Tahun*, September, 1-6.
- Anoi, Y. H., Fenriyati, F. L., Irianto, I., & Yani, A. (2022). Studi eksperimental variasi tekanan masuk (suction pressure) terhadap kinerja pompa air sentrifugal pada alat praktikum mesin fluida STTI Bontang. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(2), 238-248. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i2.40>
- Bastian, A., Mardiana, A., Riyanto, R., Informatika, P., Teknik, F., & Majalengka, U. (2019). Pengembangan prototype sistem monitoring ketinggian air. *Kajian Literatur Computer Science | Industrial Engineering | Mechanic Engineering | Civil Engineering*, 05(02), 244-250.
- Febrian Syah, F., & Permata, E. (2022). Perbaikan dan pemeliharaan motor listrik penggerak water jet pump di area waste heat recovery system PT Cemindo Gemilang. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 1(1), 78-87. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v1i1.299>
- Furqon, A., Prasetyo, A. B., & Widiyanto, E. D. (2019). Rancang bangun sistem monitoring dan kendali daya listrik pada rumah kos menggunakan NodeMCU dan Firebase berbasis Android. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(02), 93-104. <https://doi.org/10.31358/techne.v18i02.202>
- Hasiah. (2023). Perancangan dan pembuatan mesin listrik 3 fasa sistem kontrol hidrofor. 09, 2183-2192.
- Ibrahim, A. (2022). Analisis pengaruh tidak maksimalnya tekanan udara pada tanki hydrophore di kapal Sultan Hasanuddin 02.
- Kensiwi, F., & Pangestu, W. A. (2023). Produksi penurunan tekanan pompa tangki hidrofor di MT Armada Antar 01. 3.
- Kholil, A., Kustori, & Moonlight, L. S. (2020). Prototype smart water meter terpusat berbasis Raspberry via Internet of Things sebagai monitoring debit air di Bandar Udara Internasional Supadio Pontianak. *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 4, 1-6. <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/672>
- La Raufun, S., & Ardiasyah, M. (2018). Prototype pengontrol pengisian tandon air secara paralel menggunakan solenoid valve berbasis Atmega 2560. *Jurnal Informatika*, 7(2), 30-35.

- Nasution, E. S., Pasaribu, F. I., & Hidayat, M. H. (2021). Studi proteksi sistem tenaga listrik pada trafo 1600 kVA menggunakan current relay IWU 2-3. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 28-39. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i2.562>
- Okpatrioka, O. (2023). Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa Dan Budaya*, 1(1), 86-100. <https://doi.org/10.47861/jdan.v1i1.154>
- Susanto, S., Putra Jaya, A., & Krisna Setiyawan, B. (2022). Studi kinerja hydrophore tank di atas kapal dengan variasi tekanan kerja dan perbandingan volume air dengan udara. *Jurnal Maritim Polimarin*, 8(1), 65-70. <https://doi.org/10.52492/jmp.v8i1.49>
- Valentin, R. D., Diwangkara, B., Jupriyadi, J., Riskiono, S. D., & Gusbriana, E. (2020). Alat uji kadar air pada buah kakao kering berbasis mikrokontroler Arduino. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(1), 28-33. <https://doi.org/10.33365/jtikom.v1i1.87>
- Wibowo, R., & Hariningrum, R. (2023). Pembuatan alat peraga hydrophore tank 3 belokan 1 katup pipa 0,75 inchi. *Marine Science and Technology*, 3(2), 45-50. <https://e-journal.ivet.ac.id/index.php/maristec/article/view/2513>
- Yuliaminuddin, V., Krismes, & Bintoro, J. (2021). Prototipe sistem kontrol dan monitoring pada tangki air berbasis Internet of Things. *Autocracy: Jurnal Otomasi, Kendali, Dan Aplikasi Industri*, 7(1), 27-34. <https://doi.org/10.21009/autocracy.071.5>
- Yurika, & Muhaemin Zuhud, A. (2023). IoT pada monitoring water level menggunakan ESP8266. *TEDC*, 17(1), 63.
- Yusuf, M., Technical, E., Polbit, O., III, P. D., & Surabaya, P. P. (2022). Rancang bangun sistem monitoring pengisian gas berdasarkan volume dalam tabung.
- Zaini, M., Safrudin, S., & Bachrudin, M. (2020). Perancangan sistem monitoring tegangan, arus dan frekuensi pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbasis IoT. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 139. <https://doi.org/10.24912/tesla.v0i0.9081>
- Zaman, B., Officer, E. T., Diploma, P., Pelayaran, I. I. I., & Surabaya, P. P. (2022). Rancang bangun sistem pendeteksi air pada.