

Deteksi Kebocoran Kapal: Desain dan Monitoring

Vicky Ananta Sutrisno¹, Adi Mulyadi^{**2}, Muhammad Zainal Roisul Amin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, 68416, Jawa Timur, Indonesia

¹ vikyananta13@gmail.com, ² adimulyadi@unibabwi.ac.id, ³ mzainalra@unibabwi.ac.id

****Corresponding Author:** adimulyadi@unibabwi.ac.id



Cite This: <https://doi.org/10.63440/jef.v1i1.16>



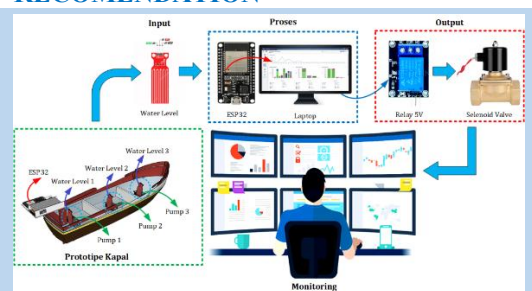
Read Online

ACCESS

Abstract: This paper discusses the design and monitoring system of ship leakage. Ship leakage causes accidents at sea. Therefore, a prototype design and monitoring system are proposed. The design uses fiberglass and resin with dimensions of 60x15x13 cm, and monitoring uses the Internet of Things to turn on three automatic pumps alternately.

The results show that monitoring pump 1 obtained an average water volume of 0.00131 m³, time 83.92 seconds, discharge 0.0000157 m³/second, current 0.44 A and power 2.2 W. Pump 2 obtained an average water volume of 0.00161 m³, time 139.08 seconds, discharge 0.0000116 m³/second, current 0.24 A and power 1.2 W. While pump 3 obtained an average water volume of 0.00126 m³, time 52.26 seconds, discharge 0.0000241 m³/second, current 0.68 A and power 3.4 W. The monitoring results have different average water volume, time, discharge, current and power.

RECOMENDATION



Keyword: Ship Prototype Design, Water Level Sensor, ESP Module, DC Motor Pump, IoT

Article Info

Recieved
January 05, 2024

Revised
March 08, 2024

Accepted
May 13, 2024

Published
June 26, 2024



1. PENDAHULUAN

Kebocoran kapal salah satunya disebabkan oleh beban gelombang perairan [1]. Gelombang perairan memiliki gerakan translasi dan rotasi berdasarkan karakteristik gelombang laut [2][3]. Gelombang laut dipengaruhi oleh pasang surut permukaan laut, pergeseran lempeng [4] dan angin yang berbentuk gelombang sinusoidal [5]. Selain itu, kebocoran kapal dipengaruhi oleh korosi dan terumbu karang [6]. Korosi terjadi karena reaksi kimia pada lingkungan, asam, udara, embun, air tawar, air laut [7] dan mikrobiologi [8]. Air laut memiliki kandungan air murni 96,5% [9], salinitas 3,5% [10], natrium klorida [11], sedimen yang mempercepat laju korosi pada lambung kapal [12]. Data statistik menunjukkan bahwa kebocoran lambung kapal disebabkan oleh korosi sebesar 90% [13], terumbu karang ancaman tinggi 20%, dan terumbu karang ancaman rendah 15% [14].

Sedangkan kebocoran kapal pada saluran pipa (korosi 22%, faktor eksternal 35%, kelalaian manusia 5%, instalasi 24%, dan proses manufaktur 14%) [15][16]. Kebocoran kapal merupakan faktor penyebab kecelakaan sebagaimana dilaporkan KNKT tahun 2019-2021 yaitu 7 kapal [17][18]. Upaya mencegah kebocoran kapal seperti prototipe sistem berbasis Arduino Uno diusulkan. Prototipe digunakan untuk membuang air pada lambung kapal dengan integrasi sensor *Water Level Control* (WLC) [19]. Sistem deteksi kebocoran kapal menggunakan sensor hujan berbasis Arduino Uno. Pendeteksi kebocoran ditinjau berdasarkan air yang masuk pada dek kapal, dan mikrokontroler digunakan sebagai kendali sensor hujan, LED, Buzzer, serta LCD. Sehingga petugas kapal memantau secara berkala selama pelayaran. Namun, penerapan sensor tidak efisien yang dipengaruhi oleh transmisi data lama [20]. Perancangan alat deteksi kebocoran air otomatis menggunakan Leak Detection System (LDS). Sistem deteksi terdiri dari pendengaran *roads*, *aquaphones* dan *microphones*. Hasil penerapan sistem praktis dan masih menggunakan staf untuk memberikan peringatan pada saat terjadi kebocoran [21]. *Algoritma Water Distribution Network* (WND) diterapkan untuk deteksi dan estimasi kebocoran dalam penyebaran air pada kapal. Hasil penerapan algoritma WND diindikasikan dengan pipa yang mengalami drop tekanan dan dua aliran berbeda [22].

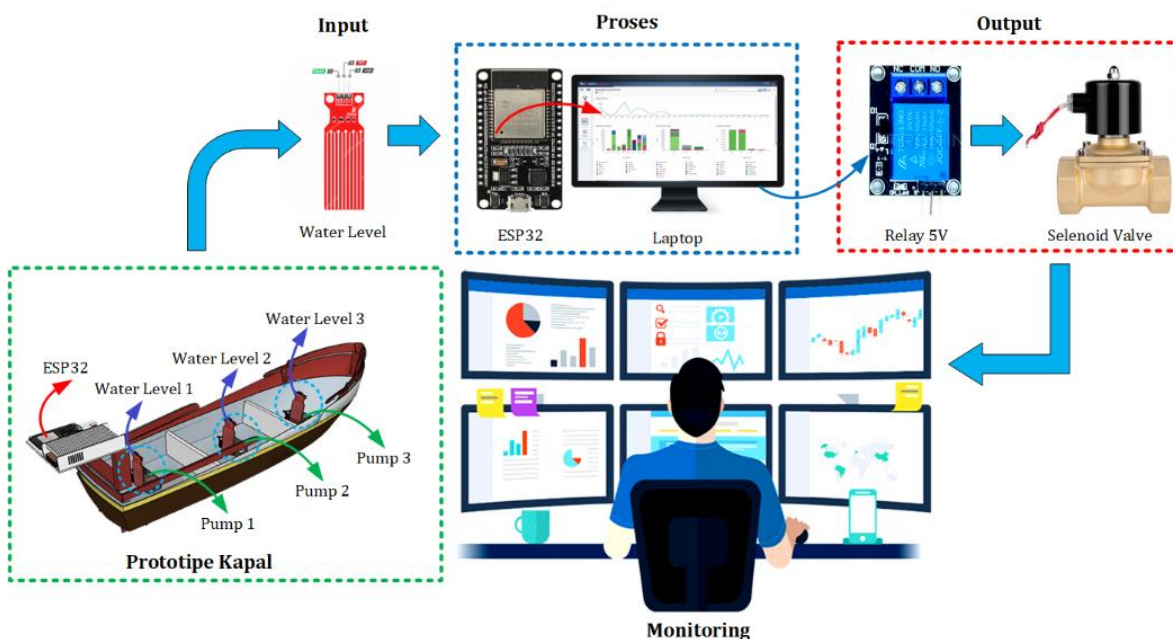
Water Distribution System (WDS) digunakan untuk mendeteksi kebocoran pipa dengan integrasi Arduino Uno. Arduino Uno mengendalikan sensor aliran air dan *sensor hall-effect* berdasarkan katup pada motor. Penerapan simulasi deteksi kebocoran pipa diperoleh kecepatan aliran air 0,5-0,7 ft/s dan rata-rata 1204 liter/jam [23]. Dua sensor air diaplikasikan pada sistem deteksi kebocoran pipa kapal. Sensor diintegrasikan dengan Arduino Uno dan SIM800L dalam memproses data debit serta volume air. Hasil data dikirim melalui pesan pada handphone setiap 10 detik [24]. *Water Leak Detection System* (WLDS) diusulkan untuk mendeteksi air pada kapal. WLDS terdiri dari pompa air dan mikrokontroler mengirim sinyal berupa SMS. Selama pesan terkirim, sinyal mengatur pompa menyala dan mati ketika terjadi kebocoran. WLDS mendeteksi dan mengurangi kebocoran dengan level air 2 ml atau 1/4 ml dalam waktu singkat [25]. Sistem monitoring pendeteksi kebocoran pipa kapal menggunakan sensor aliran dan modul GPRS. Sensor aliran digunakan untuk mendeteksi aliran pipa, sedangkan katup selenoid dipasang pada bagian pipa yang terhalang. Hasil monitoring menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi air dengan kendali pesan otomatis [26].

Berdasarkan uraian di atas, tampak bahwa sistem deteksi kebocoran kapal dan *monitoring* masih menggunakan *Short Message Service* (SMS). Hal ini ditunjukkan seperti sensor WLC dan Arduino Uno untuk mendeteksi kebocoran kapal yang membutuhkan pengiriman data lama [19][20]. Sistem LDS diterapkan untuk mendeteksi kebocoran, namun sistem membutuhkan user sebagai pengingat dan tidak praktis [21]. Sedangkan algoritma WND yang digunakan pada deteksi penyebaran air di dalam kapal mengalami drop tekanan dengan aliran berbeda [22]. Sistem WDS digunakan hanya untuk mendeteksi kebocoran aliran pada pipa [23], dan mikrokontroler Arduino Uno diintegrasikan dengan sensor SIM800L untuk mendeteksi kebocoran pipa kapal melalui sms setiap 10 detik [24]. Selain itu, sistem WLDS digunakan untuk mengendalikan pompa ON/OFF pada sistem kebocoran dengan sms [25]. Di sisi lain, sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa kapal dengan sensor aliran dan GPRS diusulkan. Sistem monitoring menggunakan kendali pesan otomatis [26]. Sehingga sistem pendeteksi kebocoran tidak maksimal dan sistem monitoring berbasis internet secara real time belum diterapkan.

Oleh sebab itu, desain sistem deteksi dan monitoring awal kebocoran kapal berbasis *Internet of Things* (IoT) diusulkan dengan integrasi sensor. Sensor level air, modul ESP32 dan Web User Interface (WUI) dengan *thinger.io* sebagai *monitoring real time*. Sensor level air dihubungkan pada pompa untuk mengukur ketinggian air berdasarkan tingkat kebocoran. Ketinggian air dideteksi maksimal 9 mm untuk menyalakan tiga pompa secara bergantian. Tiga pompa menyala dan mati otomatis untuk menguras air pada saat level air mencapai ambang batas yang ditentukan. Sistem pompa otomatis dihubungkan pada internet dengan modul ESP32 dan indikator dapat dipantau pada platform monitoring IoT. *Platform monitoring* menampilkan indikator lampu dengan daya pompa, volume air, waktu, debit air, arus dan daya *output* masing-masing jenis pompa.

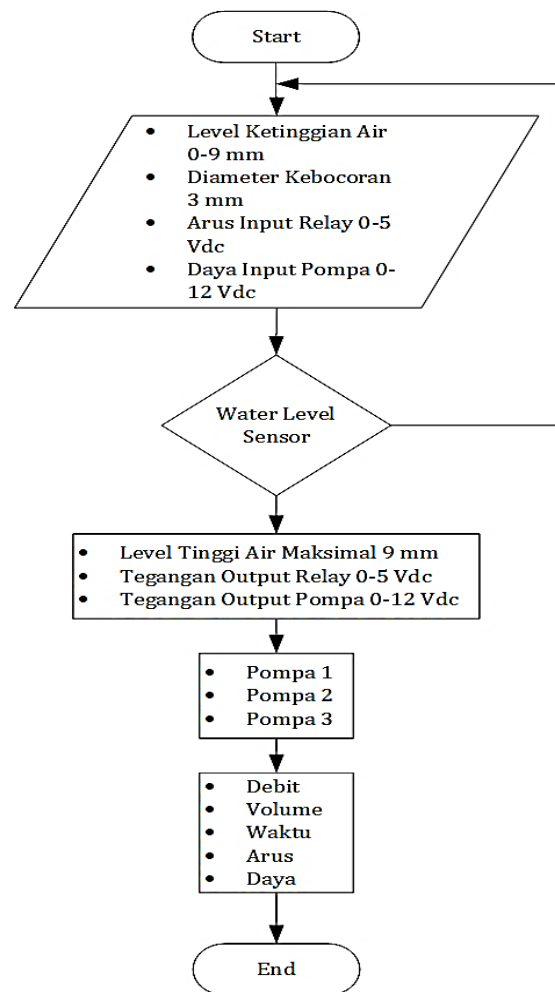
2. METODE

Metode penelitian yaitu eksperimen dengan mendesain prototipe kapal berbahan fiberglass dan resin di Laboratorium Teknik Elektro Universitas PGRI Banyuwangi. Kemudian teknik pengambilan data berupa level ketinggian air, waktu, debit air, arus dan daya output pompa motor. Pengujian masing-masing dilakukan tiga kali berdasarkan jenis pompa untuk menghasilkan akurasi dari sistem deteksi dan *monitoring* secara *real time* yang dijelaskan pada gambar 1. Sistem menggunakan sensor level air untuk mendeteksi kebocoran air yang diintegrasikan dengan modul ESP32 [27]. Modul ESP32 memberikan sinyal untuk menyalakan pompa dan menguras air di lambung kapal [28]. Output sistem berupa indikator *grow light-LED* [29], daya pompa DC [30][31], dan *monitoring* pada *thinger.io* [32].



Gambar 1. Sistem Deteksi dan *Monitoring* Kebocoran Kapal

Desain prototipe kapal menggunakan bahan fiberglass dan resin dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 13 cm [33]. Gambar 2 menjelaskan tahapan eksperimen yang dilakukan dengan melubangi prototipe berdiameter 3 mm, kemudian prototipe diuji coba pada sebuah bak yang berisi air. Ketika lambung kapal terisi air, sensor water level akan mendeteksi keberadaan air yang masuk ke dalam lambung kapal. Untuk mengukur ketinggian air, penggaris digunakan agar hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan pembacaan sensor. Setelah mencapai ketinggian maksimal, submersible pump akan aktif untuk menguras air. Selain itu, kondisi terkini juga dapat dipantau secara *real time* melalui user *interface* IoT.



Gambar 2. Flowchart Sistem Deteksi dan Monitoring Kebocoran Kapal

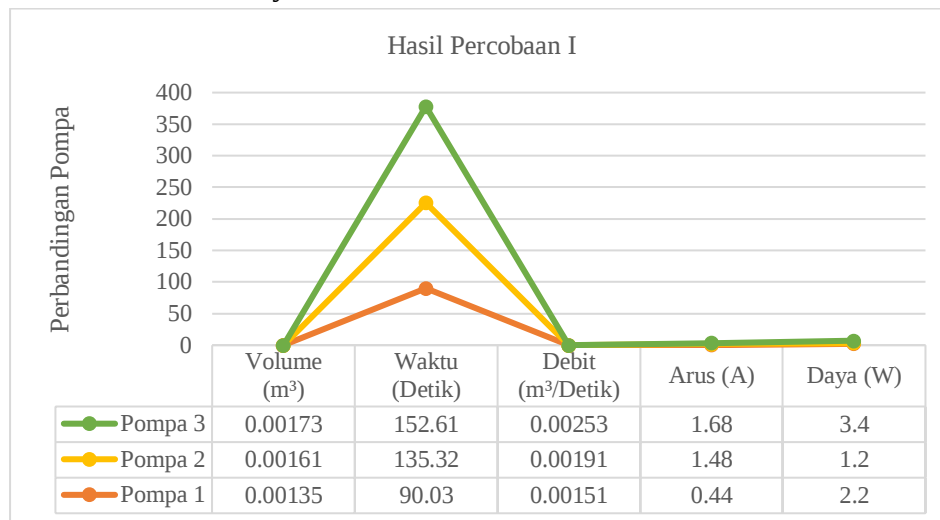
3. HASIL

Hasil uji coba kebocoran lambung kapal dengan diameter 3 mm. Pada uji kebocoran, digunakan 3 buah pompa DC 5V dan didapat data untuk 3 kali percobaan. Hasil dipaparkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Percobaan Deteksi Kebocoran Kapal

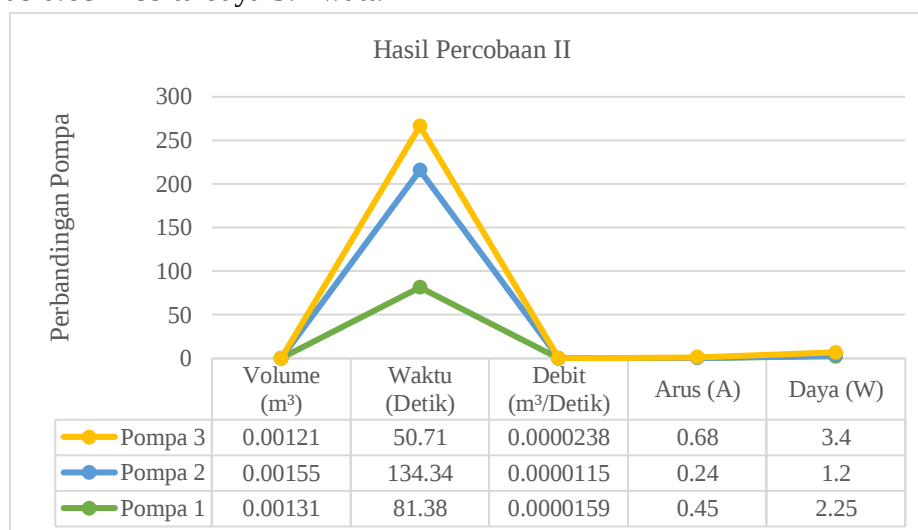
Jenis	Volume (m ³)	Waktu (Detik)	Debit (m ³ /detik)	Arus (A)	Daya (Watt)
Pompa I	0.00135	90.03	0.0000151	0.44	2.2
	0.00161	135.32	0.0000191	1.48	1.2
	0.00173	152.61	0.0000253	0.68	3.4
Pompa II	0.00131	81.38	0.0000159	0.45	2.25
	0.00155	134.34	0.0000115	0.24	1.2
	0.00121	50.71	0.0000238	0.68	3.4
Pompa III	0.00133	80.37	0.0000161	0.44	2.2
	0.00169	147.59	0.0000114	0.24	1.2
	0.00124	53.47	0.0000231	0.68	3.4
Nilai	0.00131	83.92	0.0000157	0.44	2.2
Rata-Rata	0.00161	139.08	0.0000163	0.24	1.2
Pompa I, II, II	0.00126	52.26	0.0000241	0.68	3.4

Percobaan pompa 1 dilakukan selama tiga kali untuk mendapatkan akurasi dan sistem monitoring deteksi kebocoran pada lambung kapal yang dijelaskan pada grafik 1. Pompa 1, 2 dan 3 memiliki masing-masing nilai volume air, waktu, debit air, arus *output* dan daya *output* berbeda. Pompa 1 memiliki nilai *volume* air sebesar 0.00135 m³, waktu 90 detik, debit air 0.00151 m³/detik, arus 0.44 A serta daya 2.2 watt. Pompa 2 memiliki nilai *volume* air sebesar 0.00161 m³, waktu 135.32 detik, debit air 0.00191 m³/detik, arus 1.48 A serta daya 1.2 watt. Pompa 3 memiliki nilai *volume* air sebesar 0.00173 m³, waktu 152.61 detik, debit air 0.00253 m³/detik, arus 1.68 A serta daya 3.4 watt.



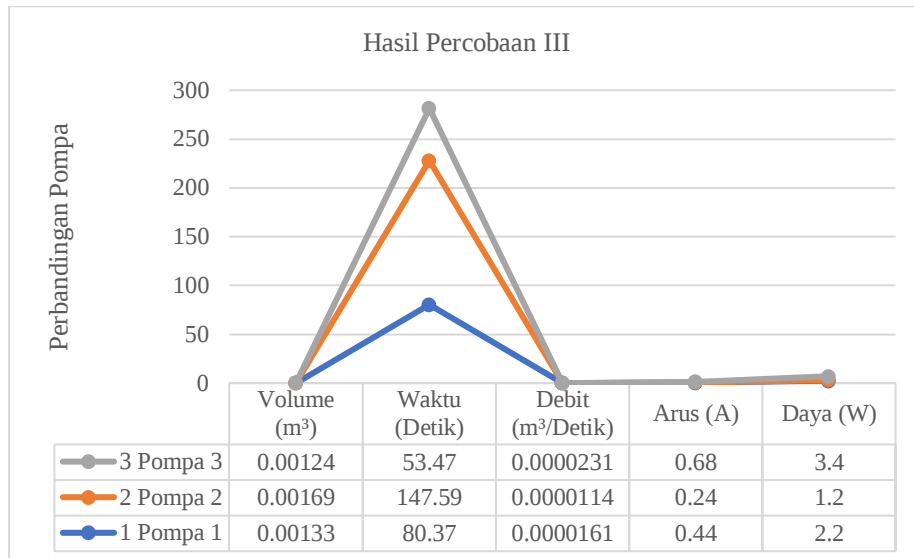
Grafik 1. Deteksi Kebocoran Menggunakan Pompa 1

Pompa 2 dilakukan percobaan tiga kali untuk mendapatkan akurasi dan sistem monitoring deteksi kebocoran pada lambung kapal yang dijelaskan pada grafik 2. Pompa 1, 2 dan 3 memiliki masing-masing nilai volume air, waktu, debit air, arus *output* dan daya *output* berbeda. Pompa 1 memiliki nilai volume air sebesar 0.00131 m³, waktu 81 detik, debit air 0.00159 m³/detik, arus 0.45 A serta daya 2.25 watt. Pompa 2 memiliki nilai volume air sebesar 0.00155 m³, waktu 134.34 detik, debit air 0.00115 m³/detik, arus 0.24 A serta daya 1.2 watt. Pompa 3 memiliki nilai volume air sebesar 0.00121 m³, waktu 50.71 detik, debit air 0.00238 m³/detik, arus 0.68 A serta daya 3.4 watt.



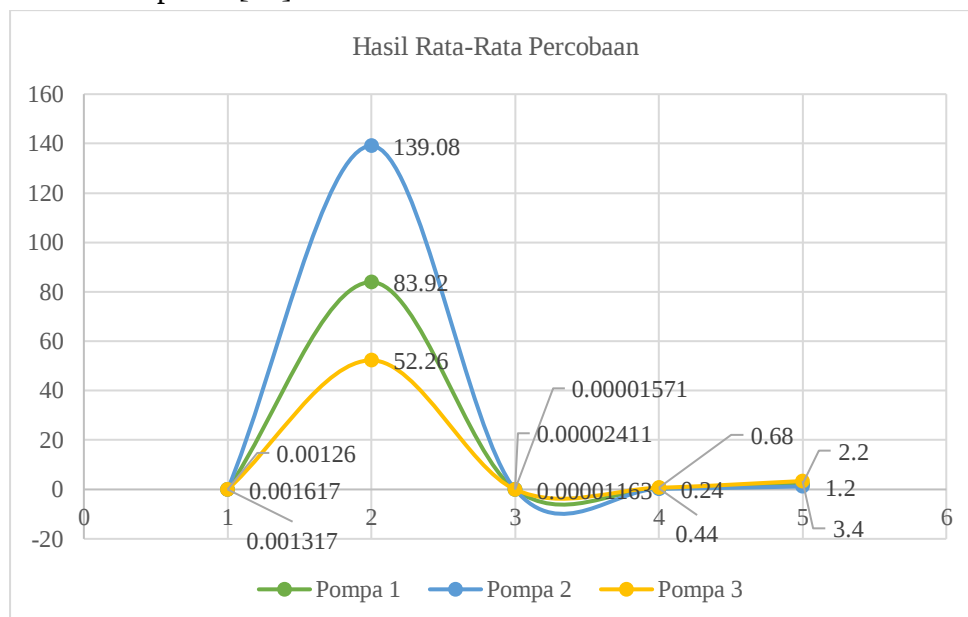
Grafik 2. Deteksi Kebocoran Menggunakan Pompa 2

Pompa 3 menggunakan pengujian tiga kali yang dijelaskan pada gambar grafik 3. Pompa 1, 2 dan 3 memiliki masing-masing nilai volume air, waktu, debit air, arus output dan daya output berbeda. Pompa 1 memiliki nilai volume air sebesar 0.00133 m³, waktu 80.37 detik, debit air 0.000161 m³/detik, arus 0.44 A serta daya 2.2 watt. Pompa 2 memiliki nilai volume air sebesar 0.00169 m³, waktu 147.59 detik, debit air 0.000114 m³/detik, arus 0.24 A serta daya 1.2 watt. Pompa 3 memiliki nilai volume air sebesar 0.00124 m³, waktu 53.47 detik, debit air 0.000231 m³/detik, arus 0.68 A serta daya 3.4 watt.



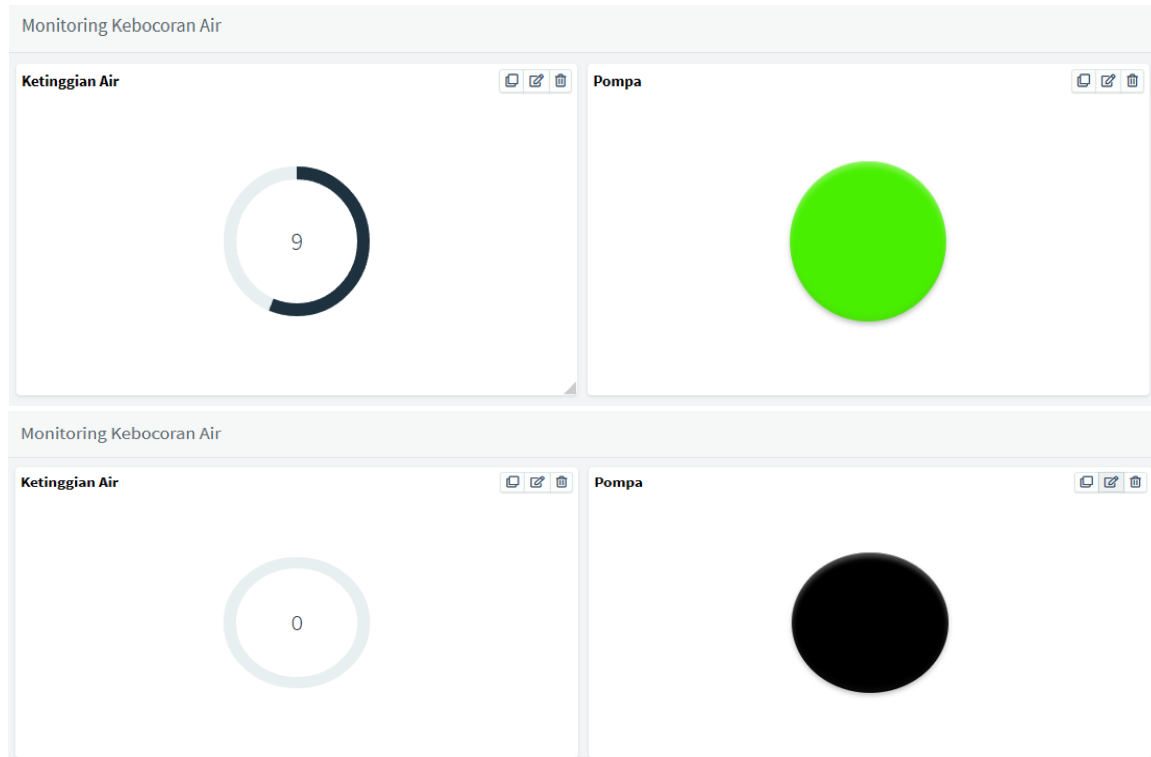
Grafik 3. Deteksi Kebocoran Menggunakan Pompa 3

Grafik 6 menjelaskan pompa 1, 2, dan 3 pada saat menguras air dari lambung kapal hingga tinggi 5 mm dengan masing-masing arus 0.44 A, 0.24 A, 0.68 A dan daya 2.2 W, 1.2 W, dan 3,4 W. Arus yang dibutuhkan oleh pompa 2 untuk menguras air pada lambung kapal menurun, sedangkan pompa 1 dan 3 meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh daya listrik daya yang dihasilkan melalui perkalian tegangan 5V DC dengan rata-rata arus pada setiap pompa. Perbedaan daya ini dipengaruhi oleh variasi arus, jumlah lilitan motor pompa, dan beban air yang dilewatkan impeller [43].



Grafik 4. Hasil Rata-Rata Deteksi Kebocoran Menggunakan Pompa 1,2 dan 3

Tampilan *web user interface* dibuat dengan aplikasi *thinger.io* [44]. *Interface* ini memonitor sistem kebocoran kapal berbasis IoT, memungkinkan pemantauan ketinggian air secara *real-time*. Gambar yang diambil selama uji kebocoran menampilkan momen ketika sensor belum mendeteksi kebocoran, ditandai dengan indikator pompa berwarna hitam. Namun begitu sensor mendeteksi air sekitar 9 mm, indikator berubah menjadi hijau yang menunjukkan aktivasi pompa.



Gambar 3. Tampilan Monitoring Pompa

4. PEMBAHASAN

Percobaan pompa 3 memiliki volume air, waktu, debit air, arus dan daya output yang meningkat. Debit pompa 3 lebih besar dibandingkan pompa 1 dan 2 yang disebabkan oleh arus dan daya motor pompa [34]. Semakin besar arus dan daya pompa, maka debit, volume dan waktu juga meningkat. Prinsip kerja pompa menggunakan impeller yang diputar oleh dinamo penggerak untuk memindahkan air dalam sudu ruang ke dalam ruang pompa outlet menyesuaikan daya dan arus yang dibutuhkan [35]. Ketika ruang pompa terisi air, maka tekanan fluida tercipta dan mendorong air dari dasar ke penampungan [36]. Tekanan yang berkelanjutan memaksa air di penampungan keluar melalui saluran buang [37]. Arus besar menunjukkan bahwa motor pompa 3 berputar lebih cepat untuk menghasilkan debit keluar yang lebih tinggi [38]. Gambar grafik 4 menunjukkan bahwa waktu yang dihasilkan oleh pompa 1, 2, dan 3 secara berurutan untuk menguras air pada lambung kapal hingga terdeteksi tinggi 5 mm adalah 81.38 detik, 134.34 detik, dan 50,71 detik. Volume air mengalami penurunan dari 0.00131 m³, 0.00151 m³, 0.00121 m³. Sedangkan debit meningkat dari 0.0000159 m³/detik, 0.0000115 m³/detik, 0.0000238 m³/detik. Arus dan daya yang dibutuhkan oleh pompa untuk memindahkan air ke luar lambung kapal semakin meningkat [39]. Hal ini disebabkan oleh Sehingga menunjukkan bahwa pompa 3 memiliki waktu yang paling singkat. Hal ini dipengaruhi oleh debit air pada pompa 3 lebih tinggi dari pompa lainnya. Jika debit lebih tinggi dan waktu lebih singkat, maka akan lebih sedikit volume air yang akan dikeluarkan [40].

Berdasarkan Gambar 5, arus yang diperlukan oleh tiga pompa 1, 2, dan 3 untuk mengeluarkan air dari lambung kapal hingga ketinggian 5 mm adalah 0,44-0,68 A. Perbedaan dalam arus ini disebabkan oleh variasi jumlah lilitan pada masing-masing motor pompa. Semakin besar variasi jumlah lilitan, maka daya yang dihasilkan oleh motor juga besar [41]. Daya motor digunakan untuk memutar torsi dan menghasilkan tegangan induksi setiap pompa [42]. Oleh karena itu, pompa 3 memiliki arus tertinggi dibandingkan dengan motor 1 dan 2. Nilai arus ini sesuai dengan spesifikasi masing-masing pompa saat beroperasi dengan air memasuki lambung kapal, yakni 0,4 A, 0,2 A, dan 0,6 A. Pompa 3 menunjukkan daya tertinggi karena arusnya yang lebih tinggi, mencapai 0,68 A. Berdasarkan debit, pompa 3 memiliki keunggulan dengan debit lebih tinggi. Dalam hal waktu pengurasan, pompa 3 juga unggul dengan waktu yang lebih singkat. Secara urutan arus dari terendah ke tertinggi, pompa 2, pompa 1, dan pompa 3. Begitu pula dalam urutan daya, dimulai dari pompa 2, pompa 1, dan pompa 3 yang memiliki daya tertinggi. Dalam beberapa percobaan ini, meskipun arus dan daya pompa 3 lebih tinggi daripada kedua pesaingnya, namun karena keunggulan dalam debit dan waktu, pompa 3 lebih cocok digunakan dalam sistem kebocoran prototype kapal.

5. KESIMPULAN

Desain kapal menggunakan fiberglass serta resin dengan ukuran 60x15x13 cm dan sistem monitoring kebocoran kapal menggunakan Internet of Things untuk menyalakan tiga pompa secara bergantian. Hasil penerapan kebocoran kapal berbasis Internet of Things dengan menggunakan 3 jenis pompa DC 5V menghasilkan rata-rata nilai debit sebesar 0.00001571, 0.00001163 dan 0.00002411 m³/detik, rata-rata nilai waktu sebesar 83.92, 139.08, 52.26 detik, rata-rata nilai arus sebesar 0.443, 0.243, 0.673 A, rata-rata nilai daya sebesar 2.215, 1,215, 3.365 W dan volume 0.001317, 0.001617 dan 0.00126 m³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Teknik dan Laboratorium Teknik Elektro yang telah memfasilitasi dalam menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini merupakan luaran dari mata kuliah skripsi di Program Studi Teknik Elektro Universitas PGRI Banyuwangi tahun 2023.

REFERENSI

- [1] Putranto T, Purwanto DB. Analisa Gerakan Rolling Kapal Bocor Akibat Beban Gelombang Laut Pada Kapal Bulk Carrier. Teknik 2018;39:99–105. doi: <https://doi.org/10.14710/teknik.v39n2.15783>
- [2] Syafiul A. Kajian Damage Stability Pada Studi Kelayakan Desain Kapal Barge Penambang Timah Dengan Pendekatan Metode Numerik. Inovtek Polbeng 2019;9:334. doi: <https://doi.org/10.35314/ip.v9i2.1123>
- [3] Putranto T, Sulisetyono A. Analisa Numerik Gerakan Dan Kekuatan Kapal Akibat Beban Slamming Pada Kapal Perang Tipe Corvette. Kapal 2015;12. doi: <https://doi.org/10.12777/kpl.12.3.158-164>
- [4] Anggara PD, Adrianto D, Pranowo WS, Alam TM. Analisis Karakteristik Gelombang Laut Guna Mendukung Data Informasi Operasi Keamanan Laut di Wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara. J Chart Datum 2022;3:107–31. doi: <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v3i2.123>
- [5] Marelsa NF, Oktaviandra Y. Analisis Karakteristik Gelombang Laut Menggunakan Software Windwave-12 (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai). Oseana 2019;44:10–24. doi: <https://doi.org/10.14203/oseana.2019.vol.44no.2.23>
- [6] Pratama B. Analisis Penyebab Kebocoran Lambung Kapal Km. Dorolonda Saat

- Perjalanan Dari Makassar Menuju Surabaya. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2022.
- [7] Budiyo L. Pengaruh Salinitas Air Laut Terhadap Laju Korosi Pada Plat Lambung Kapal Bobot 1500 DWT. *Din Bahari* 2021;2:91–6. doi: <https://doi.org/10.46484/db.v2i1.256>
- [8] Royani A, Hanafi M, Julistiono H, Manaf A. Korosi Yang Dipengaruhi Mikrobiologi Dan Teknologi Pencegahannya Di Industri Minyak Dan Gas : Review. *Metalurgi* 2022;36:135. doi: <https://doi.org/10.14203/metalurgi.v36i3.608>
- [9] Prastuti OP. Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *J Tek Kim Dan Lingkung* 2017;1:35–41. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v1i1.13>
- [10] Juniarti L, Ishak Jumarang M, Apriansyah. Analisis kondisi suhu dan salinitas perairan barat Sumatera menggunakan data Argo Float. *Jurnal Phys Comm* 2017;1:74. doi: <https://doi.org/10.15294/physcomm.v1i1.9005>
- [11] Musyarrofah, Irfa'i M, Khair A. Penurunan Salinitas (Kadar Klorida) Artifisial Dengan Proses Pertukaran Ion (Ion Exchange). *J Kesehat Lingkung* 2020;17:127–32.
- [12] Ngatmin, Purwanto H, Riwayati I. Analisis Laju Korosi Pada Plat Baja Lambung Kapal Dengan Umpan Anoda Korban Aluminium. *J Ilm Momentum* 2019;15:174–9. doi: <https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3085>
- [13] Gong C, Frangopol DM, Cheng M. Risk-based Decision-Making on Corrosion Delay for Ship Hull Tankers. *Eng Struct* 2020;212:110455. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110455>
- [14] Zayed A, Garbatov Y, Guedes Soares C. Corrosion Degradation of Ship Hull Steel Plates Accounting for Local Environmental Conditions. *Ocean Eng* 2018;163:299–306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.05.047>
- [15] Adegboye MA, Fung WK, Karnik A. Recent Advances in Pipeline Monitoring and Oil Leakage Detection Technologies: Principles and Approaches. *Sensors (Switzerland)* 2019;19. doi: <https://doi.org/10.3390/s19112548>
- [16] Bolotina I, Borikov V, Ivanova V, Mertins K, Uchaikin S. Application of Phased Antenna Arrays for Pipeline Leak Detection. *J Pet Sci Eng* 2018;161:497–505. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.10.059>
- [17] Irdiantono R, Anurogi A. Laporan Statistik Investigasi Kecelakaan Transportasi 2022 Semester 1. 2022.
- [18] Komite Nasional Keselamatan Transportasi. Investigasi Kecelakaan Transportasi 2022 Semester 2. 2023.
- [19] Syahputra A, Ramadhani A, Parini P. Prototipe Sistem Pendeteksi Kebocoran Air Dan Pengeluaran Air Secara Otomatis Pada Kapal Berbasis Arduino Uno. *J-Com (Journal Comput* 2022;2:41–6. doi: <https://doi.org/10.33330/j-com.v2i1.1581>
- [20] Roviqoh V, Sudiro SA. Purwarupa, Pendeteksi Kebocoran Air Pada Sisi Kapal Ferry Menggunakan Sensor Hujan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Pros Semin SeNTIK* 2021;5:221–8.
- [21] Ng KS, Chen PY, Tseng YC. A Design of Automatic Water Leak Detection Device. 2017 2nd Int. Conf. Opto-Electronic Inf. Process. ICOIP 2017, 2017, p. 70–3. doi: <https://doi.org/10.1109/OPTIP.2017.8030701>
- [22] Adedeji KB, Hamam Y, Abe BT, Abu-Mahfouz AM. Leakage Detection and Estimation Algorithm for Loss Reduction in Water Piping Networks. *Water (Switzerland)* 2017;9:1–21. doi: <https://doi.org/10.3390/w9100773>

- [23] Uddin MA, Hossain MM, Ahmed A, Sabuj HH, Seaum SY. Leakage Detection in Water Pipeline Using Micro-controller. 1st Int. Conf. Adv. Sci. Eng. Robot. Technol. 2019, ICASERT 2019, 2019. doi: <https://doi.org/10.1109/ICASERT.2019.8934648>
- [24] Widayaka PD, Jauhari L. Prototype of Water Pipe Leakage Detector Usig Flowmeter Sensor Based on Arduino Uno. BEST J Appl Electr Sci Technol 2020;2:34–8. doi: <https://doi.org/10.36456/best.vol2.no1.2585>
- [25] Hanson R. Water Leak Detection. Senior Project Electrical Engineering Department California Polytechnic State University San Lus Obispo, 2017.
- [26] P G, S A, R R, R V, V JS. Smart Pipeline Water Leakage Detection System. Int J Appl Eng Res 2017;12;16:5559–64.
- [27] Systems E. ESP32 Series Datasheet, 2021.
- [28] Astuti W, Fauzi A. Perancangan Deteksi Banjir Menggunakan Sensor Kapastif Mikrokontroler ATmega328p dan SMS Gateway. J Inform 2018;5:255–61. doi: <https://doi.org/10.31311/ji.v5i2.3868>
- [29] Iqtimal Z, Devi I, Syahrizal. Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air. Kitekro J Online Tek Elektro 2018;3:1–8.
- [30] Saputra F. Kinerja Pompa Air DC Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya. 2015.
- [31] Shofi AA, Sulistiyanto S, Bachrudin M. Rancang Bangun Water Pump Solar Energy Portable Perairan Sawah Untuk Membantu Petani Kabupaten Probolinggo. Med Tek J Tek Elektromedik Indones 2023;4:79–86. doi: <https://doi.org/10.18196/mt.v4i2.16035>
- [32] Prasetyo A, Ramadani R, R MY, Yasi RM. Implementasi Sistem Hidroponik Cerdas Pakan Ternak Jagung Menggunakan Esp32. Transm J Ilm Tek Elektro 2023;25:25–31. doi: <https://doi.org/10.14710/transmisi.25.1.25-31>
- [33] Yunianto AH, Kusuma HA, Perkapalan JT, Maritim U, Haji RA. Jurnal Sustainable : Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Rancang Bangun Prototipe Kapal Katamaran Glass Bottom Ekowisata Laut 2023;12.
- [34] Utama FY, Wibowo H. Analisis Preventive Maintenance Terhadap Submersible Pump 100 DLC5 7, 5 T Dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah. Inajet 2018;01:35–43.
- [35] Boy S, Putra A. Inovasi Submersible Pump sebagai Water Sampler untuk Penunjang Praktikum di Manajemen Sumber Daya Perairan. Indones J Lab 2023;1:78. doi: <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.85138>
- [36] Sari DA, Soepryanto A, Burhanuddin S. Re-Design Electric Submersible Pump Pada PT Chevron Pacific Indonesia – Minas Pekanbaru. Barometer 2016;1:25–33. doi: <https://doi.org/10.35261/barometer.v1i1.356>
- [37] Suryadi D. Analisis Perancangan Design Submersible Pump Kawasan Timur Lapangan Ps Pada Sumur G. Universitas Islam Riau Pekanbaru, 2021.
- [38] Ratnawati, Tires BA, Yani A, Anoi YH. Pengaruh Variasi Debit Aliran Terhadap Performa Pompa Air Sentrifugal Single Stage Grundfos NS Basic 4-23M. J Juara 2022;2:2798–3315.
- [39] Wijayanto HL, Amiruddin A, Kadriadi K, Wirakusuma KW, Atmoko NT. Pengaruh Variasi Daya Pompa pada System Pendinginan TEG terhadap Tegangan yang Dihasilkan TEG. J Ilm Univ Batanghari Jambi 2022;22:477. doi: <https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i1.2017>
- [40] Pasisarha DS. Perbaikan Faktor Daya Listrik Mesin Pompa Air Pada Fasilitas Kampus Polines. Orbith Maj Ilm Pengemb dan Sosial., 2020;16:45–9. doi:

<http://dx.doi.org/10.32497/orbith.v16i1.2068>

- [41] Zaputra TP, Gusnita N. Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan dan Kecepatan Putar Terhadap Efisiensi Pada Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 16 Pole. JTEV (Jurnal Tek Elektro Dan Vokasional) 2022;8:411. doi: <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i2.117875>
- [42] Agussationo Y, Sepdian, Armi PA. Variasi Diameter Lilitan Kawat Motor Induksi. J Elektron List Dan Teknol Inf Terap 2020;2:39–45. doi: <https://doi.org/10.37338/elti.v2i2.185>
- [43] Fahrudin A. Perancangan Pompa Air Sentrifugal, Tinggi Kenaikan (H 14), Kapasitas (Q) 40 M³ /Jam Dengan Putaran 1450 Rpm. Tedc 2020;14:145–52. Available online : <https://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/369>
- [44] Bustamante AL, Patricio MA, Molina JM. Thinger.io: An open source Platform for Deploying Data Fusion Applications in IoT Environments. Sensors (Switzerland) 2019;19. doi: <https://doi.org/10.3390/s19051044>